

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**С. В. Залесов  
А. В. Бачурина  
С. В. Бачурина**

**СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПОЛЛЮТАНТОВ ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ»,  
И РЕАКЦИЯ ИХ КОМПОНЕНТОВ  
НА ПРОВЕДЕНИЕ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ**

Монография

Екатеринбург  
2017

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF THE RUSSIAN FEDERATION

URAL STATE FOREST ENGINEERING UNIVERSITY

**S. V. Zalesov**  
**A. V. Bachurina**  
**S. V. Bachurina**

**CONDITION FOREST STANDS UNDERGONE  
THE IMPACT OF ZAO «KARABASHMED»  
INDUSTRIAL POLLUTANTS AND THEIR  
COMPONENTS REACTION ON RENEWAL  
CUTTING CARRYING ON**

Monograph

Yekaterinburg  
2017

УДК 630.425:630.24(470.55)  
ББК 44.9:43.4(2Р36)  
323

Рецензенты:

доктор с.-х. наук Алтайского ГАУ А. А. Маленко;  
доктор с.-х. наук, гл. науч. сотр. ФГБУ науки Ботанический сад УрО РАН  
В. А. Усольцев

**Залесов, С.В.**

323

Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. В. Залесов, А. В. Бачурина, С. В. Бачурина. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Мин. системные требования: IBMIntelCeleron 1,3 ГГц; Microsoft WindowsXPSP3; Видеосистема Intel HDG graphics; дисковод, мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-94984-619-3

Condition of forest stands undergone the impact of ЗАО «Karabashmed» industrial pollutants and their components reaction on renewal cutting carrying on [electronic resources]: manual (text book) / S. V. Zalesov, A. V. Bachurina, S. V. Bachurina. – Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2017.

Приводятся результаты исследований, свидетельствующие о высокой лесоводственной эффективности рубок обновления в сосняках подзоны южной тайги Урала, подвергнутых в разной степени воздействию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь».

Установлено влияние рубок обновления и промышленных поллютантов на основные компоненты сосновых насаждений и даны рекомендации по омоложению спелых и перестойных насаждений, а также повышению их устойчивости.

The manual (text book) deals with the researches results that are indicative to high forestry effectiveness of renewal cutting subzone pine stands of the Ural southern taiga that suffered (undergone) in a various degree the impact of ЗАО “Karabashmed” industrial pollutants.

The impact of renewal cutting and industrial pollutants on the main components of pine stands has been established. Some recommendations for mature and overmature stands rejuvenation as well as their stability improvement has been established.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.425:630.24(470.55)  
ББК 44.9:43.4(2Р36)

ISBN 978-5-94984-619-3

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет», 2017  
© С.В. Залесов, А.В. Бачурина,  
С.В. Бачурина, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Природные условия и лесной фонд района исследований .....	7
1.1. Географическое положение .....	7
1.2. Климат .....	8
1.3. Рельеф и почвы .....	11
1.4. Гидрография и гидрологические условия .....	12
1.5. Характеристика лесного фонда Кыштымского лесничества .....	13
2. Состояние лесных насаждений под воздействием промышленных поллютантов и пути повышения их устойчивости и омоложения .....	21
2.1. Влияние промышленных поллютантов на лесные насаждения .....	21
2.2. Рубки обновления как один из способов повышения устойчиво- сти и омоложения насаждений .....	39
3. Методика исследований и объем выполненных работ .....	49
3.1. Методика исследований .....	49
3.2. Объем выполненных работ .....	55
4. Влияние промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на состояние прилегающих лесных насаждений .....	57
4.1. Характеристика опытных объектов .....	57
4.1.1. Характеристика атмосферного загрязнения территории исследований .....	57
4.1.2. Состояние насаждений в окрестностях г. Карабаша .....	61
4.1.3. Характеристика пробных площадей .....	66
4.2. Влияние аэропромвыбросов на древостои .....	69
4.2.1. Санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев .....	69
4.2.2. Радиальный прирост деревьев сосны обыкновенной .....	79
4.3. Влияние аэропромвыбросов на подрост и подлесок .....	83
4.3.1. Количественные и качественные показатели подроста .....	83
4.3.2. Морфометрические показатели хвои подроста сосны .....	89
4.3.3. Характеристика подлеска .....	94
4.4. Влияние аэропромвыбросов на видовой состав и надземную фитомассу живого напочвенного покрова .....	101
4.5. Влияние аэропромвыбросов на показатели лесной подстилки и биологическую активность почв .....	109
4.5.1. Количественная и качественная характеристика лесной подстилки .....	109
4.5.2. Биологическая активность почв .....	113
4.6. Опыт зонирования района исследований .....	115



5. Реакция компонентов сосновых насаждений на проведение рубок обновления в Кыштымском лесничестве .....	126
5.1. Характеристика экспериментальных объектов .....	126
5.1.1. Характеристика рекреационных ресурсов Кыштымского лесничества .....	126
5.1.2. Описание экспериментальных объектов .....	131
5.1.3. Таксационная характеристика древостоев экспериментальных объектов .....	133
5.2. Влияние рубок обновления на естественное возобновление .....	152
5.2.1. Оценка естественного возобновления после рубок обновления .....	152
5.2.2. Морфометрические показатели ассимиляционного аппарата подроста сосны обыкновенной .....	174
5.2.3. Прирост центрального побега подроста сосны обыкновенной .....	183
5.3. Влияние рубок обновления на живой напочвенный покров и подлесок .....	187
5.3.1. Видовой состав и надземная фитомасса живого напочвенного покрова .....	187
5.3.2. Распределение видов и надземной фитомассы живого напочвенного покрова по ценотипам .....	192
5.3.3. Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова по хозяйственному значению .....	197
5.3.4. Состояние подлеска в сосняках, пройденных рубками обновления .....	206
5.4. Влияние рубок обновления на показатели лесной подстилки .....	218
Заключение и рекомендации производству .....	230
Библиографический список .....	236
Приложения .....	256

## ВВЕДЕНИЕ

В промышленных городах Урала практически все прилегающие лесные насаждения в той или иной мере подвержены антропогенному воздействию: рекреационным нагрузкам, аэротехногенному загрязнению и т.д. Леса, расположенные вблизи населенных пунктов, имеют особое рекреационное значение, которому в последнее время уделяется большое внимание. Пригородные леса в результате рекреационного влияния сильно истощаются, происходит преждевременный распад и отмирание древостоя (Кожевников и др., 2009). Необходимость создания устойчивых насаждений возрастает, если к фактору рекреационных нагрузок добавляется влияние промышленных поллютантов.

По экспертным оценкам, площадь лесов на территории РФ, подверженных в разной степени аэротехногенному воздействию, составляет 1–1,5 млн га (Менщиков, Ившин, 2006). Наиболее мощными источниками атмосферных выбросов фитотоксичных загрязняющих веществ являются предприятия цветной металлургии (Васильева и др., 2000). Наглядное свидетельство поражения лесных насаждений аэропромвыбросами – ситуация, сложившаяся в результате многолетней деятельности медеплавильного предприятия в г. Карабаше Челябинской области. К сожалению, несмотря на предпринимаемые попытки очистки аэропромвыбросов, лесные насаждения в окрестностях г. Карабаша продолжают деградировать.

Формирование высокопродуктивных, устойчивых, эстетически привлекательных сосновых насаждений невозможно без своевременного обновления (омоложения) спелых и перестойных деревьев. Проведение выборочных рубок спелых и перестойных насаждений в защитных лесах ограничено, а в сплошолесосечных запрещено. Выборочные санитарные рубки не могут решить задачу обновления сосновых древостоев, поскольку в процессе их проведения вырубаются только зараженные вредителями и болезнями отмирающие деревья. Последнее свидетельствует о несомненной актуальности разработки способов рубок, обеспечивающих омоложение древостоев. В защитных лесах Кыштымского лесничества в период с 1991 по 2011 гг. с целью омоложения сосновых насаждений, усиления и сохранения их защитных функций широко проводились опытно-производственные рубки обновления равномерно-постепенным способом. К сожалению, опыт этих рубок не обобщен, а в ныне действующих нормативных

документах (Правила ухода..., 2007) отсутствуют организационно-технические параметры их проведения.

В данной работе приведены результаты многолетних исследований по выявлению влияния промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на состояние прилегающих лесных насаждений. На основании этих результатов уточнено зонирование по степени поражения. В зонах слабого и очень слабого поражения (фоновой) изучена лесоводственная эффективность опытно-производственных рубок обновления, выполненных в рекреационных сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса равномерно-постепенным способом, и на этой основе разработаны практические рекомендации по их совершенствованию.

# **1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ЛЕСНОЙ ФОНД РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

## **1.1. Географическое положение**

Исследования проведены в лесах ЧОБУ «Кыштымское лесничество» Главного управления лесами Челябинской области (впоследствии для краткости – лесничество). Лесничество расположено северо-западнее г. Челябинска на территории земель г. Кыштым, г. Карабаш, г. Озерск (рис. 1.1). Протяженность лесничества с севера на юг – 55 км, с запада на восток – 40 км. Кыштымское лесничество на севере граничит с Каслинским районом, на востоке – с землями г. Озерска и Аргаяшским районом, на юге – с землями г. Миасс и г. Златоуст, на западе – с Кусинским и Нязепетровским административными районами, а также землями г. Верхний Уфалей.

Общая площадь Кыштымского лесничества составляет 116309 га (Лесохозяйственный регламент Кыштымского лесничества, 2011).

Географическое положение района исследований определяется 55°20'...55°40' северной широты и 60°00'...60°30' восточной долготы.

Согласно перечню лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации район исследований относится к Южно-Уральскому лесостепному району лесостепной зоны (Приказ МПР России № 367..., 2014).

В соответствии с лесорастительным районированием Б.П. Колесникова (1969) территория лесничества находится в лесной зоне Уральской горно-лесной лесорастительной области. По схеме лесохозяйственного районирования одну часть лесничества следует отнести к Южно-Уральской провинции горно-таежных и смешанных лесов, а другую, более обширную центральную часть, – к Уфалейско-Сысертскому округу Восточно-Уральской провинции предгорных березово-сосновых лесов.

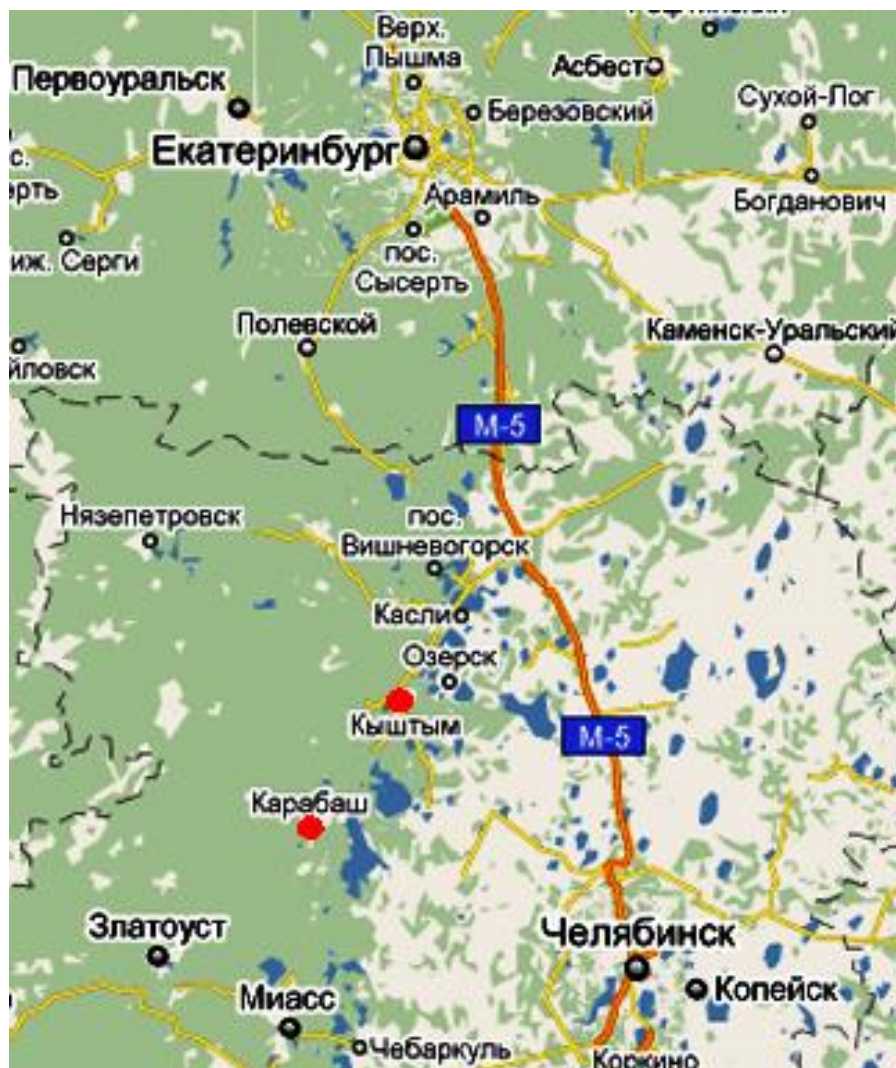


Рис. 1.1. Местонахождение района исследований

Согласно геоботаническому районированию территория района исследований входит в подзону предлесостепных сосново-березовых лесов (Колесников, 1961).

## 1.2. Климат

Климат района исследований континентальный. По степени увлажнения район относится к зоне достаточного увлажнения. Климат характеризуется продолжительной зимой (около шести месяцев), короткой весной (менее двух месяцев) и возможным наличием заморозков в течение всего лета. Летние месяцы отличаются неустойчивой, иногда жаркой погодой.

На формирование режима погоды в районе исследований оказывают влияние географические условия, процессы циркуляции воздушных масс, поступление солнечной радиации и характер подстилающей поверхности. Климат района формируется под влиянием воздушных масс трёх типов: западных – влажных и прохладных; северных – холодных и относительно сухих; южных – тёплых и сухих (Кирин, 1964).

Согласно Б.П. Колесникову (1969) западные склоны Южного Урала и его осевая полоса относятся к атлантико-континентальной лесной климатической области.

Основные климатические характеристики района исследований, составленные на основе данных многолетних наблюдений метеорологической станции г. Верхнего Уфалея, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Климатическая характеристика района исследований

Месяц	Температура воздуха, °С			Количество осадков, мм	Глубина снежного покрова, см	Относительная влажность воздуха, %	Ветры	
	средне-годе-вая	абсолютная					Направление	Скорость, м/с
		максимальная	минимальная					
Январь	-16,3	0	-48	18	45	85	ЮВ, СЗ	4,0
Февраль	-15,4	1	-33	14	50	80	Ю, З	3,6
Март	-8,2	10	-24	18	52	70	ЮВ, З	4,2
Апрель	+1,6	14	-17	25	20	58	Ю, ЮЗ	3,2
Май	+9,3	29	-3	48	-	52	Ю, СЗ	3,1
Июнь	+14,2	34	1	79	-	52	ЮЗ, З	3,0
Июль	+15,7	36	7	97	-	56	Ю, СЗ	2,4
Август	+13,5	28	2	71	-	71	Ю, СЗ	2,2
Сентябрь	+8,1	27	3	54	-	74	Ю, СЗ	3,1
Октябрь	+0,7	11	-18	43	3	78	Ю, ЮЗ,	4,0
Ноябрь	-8,1	7	-28	33	15	80	СЗ	4,1
Декабрь	-14,1	3	-32	23	30	79	СЗ, З, Ю	4,1
							ЮЗ, З	
Среднее за год	0,1	36	-48	523	-	70	-	3,4

Максимальная глубина снежного покрова наблюдается в марте – 52 см. Средняя максимальная глубина промерзания почвы составляет 92 см. Средняя дата замерзания рек – 15 – 25 ноября, вскрытия – 20–30 апреля. Средняя дата первых осенних заморозков – 6 – 17 сентября, последних весенних – 22 мая – 4 июня. Наибольшее значение из всех

климатических показателей для лесного хозяйства имеет продолжительность вегетационного периода, которая варьирует в пределах 150–160 дней. При этом местные древесные породы за этот срок успевают закончить годичный цикл развития и хорошо подготовиться к зиме.

Максимум солнечного стояния приходится на июнь–июль, минимум – на декабрь. Снег выпадает в конце октября – начале ноября и сохраняется по апрель, достигая максимальной мощности в феврале–марте, когда составляет 40–50 см в равнинных и около 1 м – в горных районах. Устойчивые заморозки наблюдаются с начала октября до мая. Ввиду мощного снежного покрова в лесах глубина сезонного промерзания почвы незначительна и составляет 0,5–0,7 м, а на открытых пространствах – 1,5 м.

Отмечается преобладание ветров западных, юго-западных и северо-западных направлений со средней скоростью 3,4 м/с. Максимальная скорость ветра фиксируется в январе, октябре, ноябре и декабре. Количество дней с ветрами достигает 25 в месяц или 301 в год.

Гидротермический коэффициент (ГТК), выражающийся отношением количества выпадающих осадков к их расходу за период с активной температурой, превышающей +10 °С (умноженной на 10), в районе исследований варьирует по отдельным годам в пределах 0,8–2,0 (Агроклиматический справочник..., 1966), что свидетельствует о благоприятном сочетании тепла и влаги. Отмечается большее выпадение осадков на горных хребтах по сравнению с таковым в долинах. Среднее количество осадков составляет 523 мм в год. Самая высокая относительная влажность воздуха наблюдается в январе – 85 %, а низкая – в мае, июне – 52 %. Среднегодовая температура воздуха, по данным многолетних наблюдений, колеблется от –48 °С зимой до +36 °С летом, но в среднем она равна 1,3–1,8 °С со знаком «+».

В целом климатические условия района благоприятны для произрастания сосновых, лиственничных, еловых, пихтовых, березовых, осиновых и других лесных насаждений. Отрицательное значение для таких теплолюбивых древесных пород, как липа, клен, могут иметь низкие зимние температуры, поздние весенние и ранние осенние заморозки.

### 1.3. Рельеф и почвы

Рельеф района исследований характеризуется сочетанием относительно невысоких увалов с высотами редко более 400–600 м, с межувальными понижениями (Иванова, 1962). Почвы, формирующиеся на продуктах выветривания осадочных и кристаллических пород, образуют элювиальные и делювиальные отложения склонов и междуречий. В горах это обычно грубый щебнистый и каменистый элювий метаморфических и кристаллических пород (Оленев, 1965).

Коренные горные породы залегают неглубоко, часто выходя на поверхность (Фильрозе, 1967; Колесников, 1969). В основном это микаскиты, сиениты, граниты, перидотиты, змеевики, гранитогнейсы и кварциты, слагающие горные хребты, отличающиеся высокой трещиноватостью. Это свойство подстилающих пород способствует быстрому переводу поверхностных вод в подземные, а также хорошему дренажу почв на вершинах и склонах гор. В сочетании с умеренно-прохладным влажным климатом подзоны такие условия являются оптимальными для произрастания древесной растительности (Фильрозе, 1967).

Все шлейфы склонов с берёзово-сосновыми лесами характеризуются широким распространением темно-, светло-серых и серых лесных почв (Агроклиматический справочник, 1960; Иванова, 1962; Оленев, 1965; Кири́н, 1964). Среди массивов серых лесных почв встречаются горные дерново-лесные почвы под сосново-березовыми лесами с травяно-моховым покровом, на вершинах наиболее высоких увалов с маломощной щебнистой толщей, на склонах холодных экспозиций (Иванова, 1962; Краткий географический справочник..., 1995). Открытые участки с пологими склонами заняты горными черноземами, чаще всего оподзоленными и деградированными, встречаются также бурые лесные почвы (Иванова, 1962; Кири́н, 1964). По своим генетическим признакам горные почвы имеют большое сходство с почвенными аналогами равнинных территорий, но отличаются маломощностью и скелетностью (Степанов и др., 1992). После уничтожения древесного полога на таких почвах отчетливо проявляется водная почвенная эрозия. В результате действия эрозии в верхнем горном поясе образуются каменистые «поля» и «реки», а в среднем и нижнем поясах повышается скелетность почв, местами образуется плащ щебенки, ухудшается водный режим (Колесников, 1969). Сохранение существующих лесов на склонах является



надежной гарантией предотвращения эрозионных процессов и борьбы с ними.

По механическому составу преобладают суглинистые и супесчаные почвы. По сравнению с почвами Среднего Урала и таежной зоны европейской части РФ подзолообразовательный процесс на Южном Урале отличается сильной ослабленностью. На Южном Урале при смене сосняков на березняки почвы эволюционируют в сторону серых лесных почв (Абатуров, 1962).

Заболоченные долины и прирусловые поймы рек и ручьев характеризуются лугово-болотными и дерново-глеевыми почвами разной мощности, а заросшие озерные западины – торфяно-болотными и торфяными почвами.

#### **1.4. Гидрография и гидрологические условия**

На территории Кыштымского лесничества водные ресурсы представлены в виде многочисленных больших и малых озер, сети малых рек.

Общая площадь поверхности озер, которых насчитывается более 30, равна 3741 га, что составляет 3,1 % от общей площади Кыштымского лесничества. Питание всех озер происходит за счет атмосферных осадков и от ключей, находящихся на дне озер.

Своеобразный рельеф местности, заключающийся в чередовании невысоких холмов и замкнутых обширных впадин, при отсутствии естественного стока излишней влаги обусловил на части территории плохой дренаж почвогрунтов и образование заболоченных пространств.

Площадь болот составляет 3435 га (2,8 % общей площади лесничества). На образование болот в некоторой мере влияют разливы рек в весеннее половодье, а также наличие большого количества озер, подступы к которым во многих местах заболочены. Уровень грунтовых вод достигает на равнинах 10 м, а на склонах гор варьирует в пределах от 8 до 20 м.

На территории Кыштымского лесничества находится озеро Увильды, максимальная глубина которого составляет 38 м. Этот памятник природы имеет особо важное природоохранное, рекреационное и оздоровительное значение для населения Челябинской области и всей России. Озеро Увильды имеет живописные берега с уникальным растительным и животным миром. Гидрографическая сеть его

бассейна представлена реками Коса, Черемшанка, Каменная, ручьем Анашка, текущим из одноименного озера в озеро Садок, а также множеством безымянных ручьев. Основной тип питания рек – атмосферный, 80 % стока приходится на весенний паводок. Площадь водосбора, включая зеркало озера и острова, составляет 209 км<sup>2</sup>, площадь зеркала озера равна 69 км<sup>2</sup>, площадь островов – 6,7 км<sup>2</sup>. Максимальный объём озера – 1080 млн м<sup>3</sup>. При этом средняя глубина равна 15,6 м, а максимальная достигает 38,4 м. Гидравлическая связь озера Увильды с озерами, расположенными в его бассейне, отсутствует, за исключением озера Светлое, из которого берет начало река Косая. Береговая линия имеет протяженность 66,8 км, сильно изрезана многочисленными заливами и мысами, что особенно характерно для западного берега. Западный и южный берега высокие, местами скалистые, восточный и северный пологие. Обширная территория бассейна занята озерами Садок, Алабуга, Анашка, Светлое, Теренкуль, Доронькино, Акакуль, Большие и Малые Ирдяги, Сабанай, Зибиккуль, Биды, Большой Биляшкуль, Косое, Попово. Имеются также два искусственных сооружения: Увильдинский канал и канал Увильды – Аргазы.

## **1.5. Характеристика лесного фонда Кыштымского лесничества**

В состав Кыштымского лесничества входит 4 участковых лесничества: Егозинское, Кыштымское, Уфимское и Карабашское. Лесистость района расположения лесничества составляет 79,7 %.

В табл. 1.2 приведено распределение лесов по целевому назначению.

Данные табл. 1.2 свидетельствуют, что лесной фонд района исследований в основном представлен защитными лесами, которые подлежат освоению в целях сохранения полезных функций лесов: средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических и др. Защитные леса занимают 116039 га, а эксплуатационные – 3788 га площади лесов, что в долевого отношении составляет 96,8 и 3,2 % соответственно.

Отметим, что к категории «зеленые зоны» отнесено 3,3 % лесов, имеющих в первую очередь рекреационное и защитное значение.

В районе исследований имеется большое количество водных объектов, в связи с чем 77,2 % покрытой лесной растительностью площади приходится на леса I и II поясов зон санитарной охраны

источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и 8,2 % лесов расположены в водоохранных зонах. На территории лесничества выделены объекты исторического и научного значения.

Таблица 1.2

Распределение лесов по целевому назначению

Целевое назначение лесов	Площадь	
	га	%
1	2	3
Защитные леса, итого	116039	96,8
В том числе:		
леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях	3518	2,9
леса, расположенные в водоохранных зонах	9787	8,2
леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов, всего	98616	82,3
Из них:		
леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения	92535	77,2
защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	2113	1,8
зелёные зоны	3968	3,3
ценные леса, итого	4118	3,4
Из них:		
противоэрозионные леса	1742	1,45
леса, имеющие научное или историческое значение	1473	1,2
запретные полосы лесов, расположенных вдоль водных объектов	903	0,75
Эксплуатационные леса, всего	3788	3,2
Всего лесов	119827	100

Леса Кыштымского лесничества представлены в основном ко-ренными сосняками и производными березняками, что связано с ши-роким распространением в XX столетии сплошнелесосечных рубок, которые привели к массовой смене пород. На территории района ис-следований на большей части площади, покрытой лесной раститель-ностью, произрастают мягколиственные насаждения – 59 %, наибольшую долю среди которых составляют берёзовые насаждения. Среди хвойных лесов доминируют сосновые насаждения, составля-ющие 86 % общей площади, занимаемой хвойными породами. В лес-ном фонде лесничества имеются также насаждения с преобладанием

ели, пихты, лиственницы, ольх серой и чёрной, осины, липы, ивы древовидной. Твёрдолиственные насаждения (с преобладанием клёна) занимают менее 0,01 % территории лесного фонда.

На основании материалов лесоустройства ЧОБУ «Кыштымское лесничество» Главного управления лесами Челябинской области составлены табл. 1.3, 1.4, 1.5 и 1.6.

Распределение древостоев по возрастным группам отличается неравномерностью: 66 % покрытых лесной растительностью земель занято средневозрастными насаждениями и лишь 15 % – молодняками. Последнее является следствием интенсивных рубок в прошлом (см. табл. 1.3). На долю спелых древостоев приходится 7 %, а приспевающих – 12 % от общей покрытой лесной растительностью площади. В целом по лесничеству отмечается преобладание насаждений V класса возраста.

Таблица 1.3

Распределение площади и запаса насаждений Кыштымского лесничества по классам возраста, га / тыс. м<sup>3</sup>

Преобладающая порода	Классы возраста								Итого
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII и выше	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сосна	<u>3729</u> 159,5	<u>3822</u> 500,7	<u>5780</u> 1273,9	<u>8116</u> 2236,2	<u>9921</u> 2931,1	<u>4180</u> 1200,0	<u>1459</u> 388,8	<u>464</u> 122,4	<u>37471</u> 8812,1
Ель	<u>766</u> 18,4	<u>198</u> 11,5	<u>44</u> 6,5	<u>239</u> 42,7	<u>1207</u> 237,8	<u>716</u> 135,5	<u>1367</u> 224,9	<u>348</u> 46,8	<u>4885</u> 724,1
Пихта	<u>34</u> 0,8	<u>124</u> 6,7	<u>101</u> 14,2	<u>248</u> 45,7	<u>411</u> 80,7	<u>115</u> 24,2	<u>63</u> 11,5	-	<u>1096</u> 183,8
Лиственница	<u>14</u> 0,4	<u>30</u> 4,5	-	<u>4</u> 0,3	<u>21</u> 4,7	<u>74</u> 20,2	<u>99</u> 20,2	<u>62</u> 11,7	<u>304</u> 62
Итого хвойные	<u>4543</u> 179,1	<u>4174</u> 523,4	<u>5925</u> 1294,6	<u>8607</u> 2324,9	<u>11560</u> 3254,3	<u>5085</u> 1379,9	<u>2988</u> 646,1	<u>874</u> 180,9	<u>43756</u> 9783,2
Доля хвойных по площади, %	10	10	13	20	26	12	7	2	100
Берёза	<u>1678</u> 16,0	<u>5261</u> 166,8	<u>3568</u> 248,6	<u>4074</u> 439,3	<u>10708</u> 1468,5	<u>12194</u> 1946,0	<u>11699</u> 1980,6	<u>7638</u> 1282,1	<u>56820</u> 7547,9
Осина	<u>83</u> 1,9	<u>180</u> 9,4	<u>183</u> 17,0	<u>863</u> 118,5	<u>678</u> 115,1	<u>723</u> 138,0	<u>704</u> 141,4	<u>104</u> 18,8	<u>3518</u> 560,1

Окончание табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ольха серая	<u>17</u> 0,3	<u>83</u> 3,6	<u>225</u> 17,4	<u>247</u> 21,9	<u>141</u> 15,4	<u>47</u> 6,3	<u>25</u> 2,9	-	<u>785</u> 67,8
Ольха черная	<u>12</u> 0,1	<u>36</u> 0,7	<u>71</u> 4,8	<u>44</u> 4,0	<u>66</u> 7,0	<u>91</u> 12,2	<u>38</u> 5,6	<u>10</u> 1,2	<u>368</u> 35,6
Липа	<u>41</u> 1,0	<u>64</u> 3,0	<u>56</u> 6,2-	<u>80</u> 12,0	<u>119</u> 22,6	<u>286</u> 59,0	<u>552</u> 125,6	<u>516</u> 119,9	<u>1714</u> 349,3
Тополь	-	-	<u>-</u> 0,1	-	-	-	-	-	<u>-</u> 0,1
Прочие	<u>7</u> 0,1	<u>3</u> 0,1	-	<u>1</u> 0,1	-	-	-	-	<u>11</u> 0,3
Итого мягко- лист- венные	<u>1838</u> 19,4	<u>5627</u> 183,6	<u>4103</u> 294,1	<u>5309</u> 595,8	<u>11712</u> 1628,6	<u>13341</u> 2161,5	<u>13018</u> 2256,1	<u>8268</u> 1422	<u>63216</u> 8561,1
Доля лист- венных по пло- щади, %	3	9	6	8	18	22	21	12	100
Всего	<u>6381</u> 198,5	<u>9801</u> 707,0	<u>10028</u> 1588,7	<u>13917</u> 2920,8	<u>23272</u> 4882,9	<u>18426</u> 3541,4	<u>16006</u> 2902,2	<u>9142</u> 1602,9	<u>106973</u> 18344,4
Доля, %	6	9	10	13	22	17	15	8	100

Таблица 1.4

Распределение площади покрытых лесной растительностью  
земель Кыштымского лесничества по классам бонитета, га / %

Преобладающая порода	Классы бонитета							Итого
	I <sup>a</sup>	I	II	III	IV	V	V <sup>a</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сосна	<u>12</u> 0	<u>2886</u> 8	<u>23549</u> 63	<u>9854</u> 26	<u>843</u> 2	<u>290</u> 1	<u>37</u> 0	<u>37471</u> 100
Ель	<u>0</u> 0	<u>4</u> 0	<u>500</u> 10	<u>3033</u> 62	<u>843</u> 17	<u>306</u> 6	<u>199</u> 4	<u>4885</u> 100
Пихта	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>134</u> 12	<u>842</u> 77	<u>121</u> 11	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1097</u> 100
Лиственница	<u>0</u> 0	<u>22</u> 7	<u>58</u> 19	<u>111</u> 37	<u>107</u> 35	<u>5</u> 2	0	<u>303</u> 100
Итого хвойные	<u>12</u> 7	<u>2912</u> 56	<u>24241</u> 32	<u>13840</u> 4	<u>1914</u> 1	<u>601</u> -	<u>236</u> -	<u>43756</u> 100
Клён	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100

Окончание табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Итого твёрдолиственные	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{100}$
Берёза	$\frac{0}{0}$	$\frac{26}{0}$	$\frac{26152}{46}$	$\frac{23603}{42}$	$\frac{5856}{10}$	$\frac{1129}{2}$	$\frac{54}{0}$	$\frac{56820}{100}$
Осина	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1619}{46}$	$\frac{1875}{53}$	$\frac{21}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3518}{100}$
Ольха серая	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{381}{49}$	$\frac{384}{49}$	$\frac{15}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{785}{100}$
Ольха черная	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{28}{8}$	$\frac{218}{59}$	$\frac{122}{33}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{368}{100}$
Липа	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{23}{1}$	$\frac{1550}{90}$	$\frac{141}{8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1714}{100}$
Ива древовидная	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{10}{91}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{11}{100}$
Итого мягколиственные	$\frac{0}{0}$	$\frac{28}{0}$	$\frac{27828}{44}$	$\frac{27628}{44}$	$\frac{6534}{10}$	$\frac{1145}{2}$	$\frac{54}{0}$	$\frac{63217}{100}$
Всего по лесничеству	$\frac{12}{0}$	$\frac{2940}{3}$	$\frac{52069}{48}$	$\frac{41469}{39}$	$\frac{8448}{8}$	$\frac{1746}{2}$	$\frac{290}{0}$	$\frac{106974}{100}$

Материалы табл. 1.4 свидетельствуют, что в лесном фонде Кыштымского лесничества преобладают среднепродуктивные насаждения. Так, средний класс бонитета сосновых насаждений – II,3, еловых – III,3, пихтовых – III,0, лиственничных – III,0, берёзовых – II,7, осиновых – II,5. Средний класс бонитета насаждений по лесничеству составляет II,6. При этом насаждения I и Ia классов бонитета занимают 3 % покрытой лесной растительностью площади, а насаждения V и Va классов – 2 %.

Отметим, что высокопроизводительные насаждения (Ia, I и II классов бонитета) составляют 51 % площади, покрытой лесной растительностью, что указывает на благоприятные условия для произрастания основных лесообразующих пород на большей части территории лесничества.

Материалы табл. 1.5 свидетельствуют, что в районе исследований насаждения характеризуются относительно невысокой полнотой – 0,67, в том числе полнота у хвойных – 0,65, у мягколиственных – 0,68. Насаждения с полнотой 0,3–0,4 занимают 5 % площади. Доля высокополнотных (0,8–1,0) насаждений составляет 26 %.

Таблица 1.5

Распределение площади покрытых лесом земель по полнотам, га / %

Преобладающая порода	Полнота								Итого
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Сосна	<u>356</u> 1	<u>1286</u> 3	<u>3057</u> 8	<u>9436</u> 25	<u>13722</u> 37	<u>7964</u> 21	<u>1476</u> 4	<u>171</u> 0	<u>37471</u> 100
Ель	<u>409</u> 8	<u>522</u> 11	<u>644</u> 13	<u>2046</u> 42	<u>973</u> 20	<u>135</u> 3	<u>57</u> 1	<u>99</u> 2	<u>4885</u> 100
Пихта	<u>28</u> 3	<u>105</u> 10	<u>114</u> 10	<u>606</u> 55	<u>235</u> 21	<u>8</u> 1	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1096</u> 100
Лиственница	<u>24</u> 8	<u>65</u> 21	<u>66</u> 22	<u>69</u> 23	<u>51</u> 17	<u>22</u> 7	<u>7</u> 2	<u>0</u> 0	<u>304</u> 100
Итого хвойные	<u>817</u> 2	<u>1981</u> 4	<u>3881</u> 9	<u>12157</u> 28	<u>14981</u> 34	<u>8129</u> 19	<u>1540</u> 3	<u>270</u> 1	<u>43756</u> 100
Клён	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100
Итого твёрдо-лиственные	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 100
Берёза	<u>616</u> 1	<u>1844</u> 3	<u>4650</u> 8	<u>13428</u> 24	<u>20752</u> 37	<u>13582</u> 24	<u>1453</u> 3	<u>495</u> 1	<u>56820</u> 100
Осина	<u>36</u> 1	<u>66</u> 2	<u>94</u> 3	<u>450</u> 13	<u>1299</u> 37	<u>1345</u> 38	<u>205</u> 6	<u>23</u> 1	<u>3518</u> 100
Ольха серая	<u>8</u> 1	<u>46</u> 6	<u>245</u> 31	<u>340</u> 43	<u>114</u> 15	<u>28</u> 4	<u>4</u> 1	<u>0</u> 0	<u>785</u> 100
Ольха черная	<u>2</u> 1	<u>18</u> 5	<u>42</u> 11	<u>94</u> 26	<u>143</u> 39	<u>66</u> 18	<u>3</u> 1	<u>0</u> 0	<u>368</u> 100
Липа	<u>1</u> 0	<u>35</u> 2	<u>180</u> 11	<u>493</u> 29	<u>620</u> 36	<u>297</u> 17	<u>84</u> 5	<u>4</u> 0	<u>1714</u> 100
Ива древ.	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1</u> 9	<u>10</u> 91	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>11</u> 100
Итого мягко-лиственные	<u>663</u> 1	<u>2009</u> 3	<u>5212</u> 8	<u>14815</u> 24	<u>22928</u> 36	<u>15318</u> 24	<u>1749</u> 3	<u>522</u> 1	<u>63216</u> 100
Всего по лесничеству	<u>1480</u> 1	<u>3991</u> 4	<u>9093</u> 9	<u>26972</u> 25	<u>37909</u> 35	<u>23447</u> 22	<u>3289</u> 3	<u>792</u> 1	<u>106973</u> 100

Распределение площади покрытых лесной растительностью земель по группам типов леса и преобладающим породам свидетельствует, что наибольшую площадь занимают насаждения ягодниково-зеленомошной группы типов леса – 46 % (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Распределение площади покрытых лесной растительностью земель по группам типов леса и преобладающим породам, га / %

Группа типов леса или типы лесорастительных условий	Преобладающие породы									Итого
	Сосна	Ель	Пихта	Лист-венница	Клён	Береза	Осина	Ольха серая	Прочие	
Нагорная	$\frac{985}{3}$	$\frac{1374}{28}$	$\frac{157}{14}$	$\frac{139}{46}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1732}{3}$	$\frac{54}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{50}{1}$	$\frac{4491}{4}$
Ягодниково-зеленомошная	$\frac{21941}{58}$	$\frac{813}{16}$	$\frac{338}{31}$	$\frac{111}{36}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{23459}{42}$	$\frac{1937}{55}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1146}{5}$	$\frac{49745}{46}$
Липняковая	$\frac{13780}{37}$	$\frac{1858}{38}$	$\frac{548}{50}$	$\frac{54}{18}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{18897}{33}$	$\frac{1493}{42}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{513}{1}$	$\frac{37145}{35}$
Крупнотравно-приручье-вая	$\frac{263}{1}$	$\frac{758}{16}$	$\frac{53}{5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6477}{11}$	$\frac{34}{1}$	$\frac{171}{22}$	$\frac{97}{1}$	$\frac{7853}{7}$
Торфяно-болотная и сфагновая	$\frac{502}{1}$	$\frac{82}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6255}{11}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{613}{78}$	$\frac{287}{4}$	$\frac{7739}{7}$
Всего	$\frac{37471}{100}$	$\frac{4885}{100}$	$\frac{1096}{100}$	$\frac{304}{100}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{56820}{100}$	$\frac{3518}{100}$	$\frac{785}{100}$	$\frac{2093}{100}$	$\frac{106973}{100}$

Среди сосновых насаждений к этой группе типов леса относится 58 %, а берёзовых – 42 %. Второй по занимаемой площади покрытых лесом земель является липняковая группа типов леса – к ней отнесено 35 % площади. Доля насаждений таких групп типов леса, как крупнотравно-приручье-вая, нагорная, торфяно-болотная и сфагновая, невысока и составляет соответственно 7, 4 и 7 %.

Обеспеченность спелых и перестойных насаждений подростом предварительной генерации в среднем по лесничеству довольно низкая – 26 %. Сосновые насаждения обеспечены подростом на 11 %, еловые – на 47, лиственничные – на 13, берёзовые – на 23, осиновые – на 33 % площади.



На территории лесничества в случае вырубки древостоя в сосняках бруснично-черничном и брусничном подрост в количестве, достаточном для обеспечения успешного лесовосстановления, имеется на 17 % площади. В сосняках разнотравно-злаковом и злаково-ракитниковом обеспеченность подростом не превышает 6 %, в ягодниковом – 4 %. Другими словами, обеспеченность подростом спелых и перестойных сосновых насаждений довольно низкая, что подчеркивает важность проведения эффективных мер содействия естественному возобновлению.

## Выводы

1. Наряду с континентальностью климата характерными его особенностями в районе исследований являются продолжительная зима (около 6 месяцев), короткая весна (менее 2 месяцев) и возможное наличие заморозков в течение всего лета.

2. Климатические условия района благоприятны для произрастания сосновых, лиственничных, еловых, пихтовых, березовых, осиновых, липовых и других лесных насаждений.

3. Рельеф района исследований представляет собой сочетание относительно невысоких увалов с межувальными понижениями. Сохранение существующих лесов на склонах является надежной гарантией предотвращения эрозионных процессов и борьбы с ними.

4. На территории Кыштымского лесничества имеется большое количество водных объектов, в связи с чем существенное значение должно уделяться водоохранной роли лесов.

5. Лесной фонд Кыштымского лесничества в основном представлен защитными лесами – 96,8 % от общей покрытой лесной растительностью площади, причем более 3 % из нее занимают зеленые зоны, имеющие рекреационное значение.

6. Высокопродуктивные насаждения I и II классов бонитета составляют 51 % от общей покрытой лесной растительностью площади, что подтверждает благоприятные условия для произрастания основных лесообразующих пород на большей части территории лесничества.

7. В среднем по лесничеству спелые и перестойные насаждения характеризуются довольно низкой обеспеченностью подростом предварительной генерации – 26 %.

## **2. СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ И ОМОЛОЖЕНИЯ**

### **2.1. Влияние промышленных поллютантов на лесные насаждения**

В атмосферу выбрасываются в огромном количестве токсичные газообразные и пылевидные соединения, входящие в состав промышленных выбросов. В мировой и отечественной научной литературе описаны многочисленные случаи интенсивного и вредного для произрастания растительности воздействия промышленных отходов.

При достигнутой мощности промышленного производства с постоянно возрастающим объемом выбросов веществ-загрязнителей природные экосистемы не успевают нейтрализовать поллютанты, поступающие в атмосферу, почву и воду, и постепенно деградируют (Кондратюк и др., 1980; Гетко, 1989; Ярмишко, 1997; Прохорова и др., 1998; Цветков, 2003).

В Уральском регионе функционируют различные промышленные предприятия, деятельность которых влечёт за собой загрязнение атмосферы вредными выбросами, оказывающими отрицательное влияние на динамику развития лесных экосистем. В результате воздействия аэропромвыбросов в ряде регионов Урала сформировались неблагоприятные условия для произрастания лесной растительности. По данным В.В. Страхова, плотность аэропромвыбросов на 1 км<sup>2</sup> в Уральском экономическом районе Российской Федерации достигает 12,2 т (Страхов, 1993).

К настоящему времени наиболее распространенными и токсичными аэропромвыбросами считаются сернистый газ, сернистый ангидрид, сероводород, аммиак, фенол, фтористый водород, хлористый водород, окислы азота и тяжелые металлы (Петров, 1985; Луганский и др., 2010).

Основными компонентами аэропромвыбросов медеплавильного производства являются соединения серы, оксид углерода, неорганическая пыль, оксид меди, оксид цинка, свинец, мышьяк, диоксид азота. Главное токсическое вещество – двуокись серы. Это бесцветный с резким запахом газ. Концентрация двуокиси серы выше 0,4 мг/м<sup>3</sup>

даже при кратковременном воздействии может вызвать тяжёлые нарушения ассимиляционного процесса у хвойных пород и некротические изменения (Барахтенова, Николаевский, 1988).

Как отмечают В.С. Николаевский и В.М. Яценко (1968), влияние поллютантов на растительность может осуществляться или путём непосредственного воздействия на ассимиляционный аппарат и прекращения фотосинтеза, или косвенно путём накопления в почве сернистых соединений, ухудшения условий минерального питания и повреждения корневой системы. Всё это приводит к появлению на листьях растений, произрастающих в зонах воздействия агрессивных соединений, пятен некрозов различной формы и окраски. Листья становятся более мелкими, наблюдается снижение урожайности растительной массы и семян, уменьшается прирост в высоту.

Благоприятные климатические и почвенные условия повышают сопротивляемость растений к воздействию неблагоприятных факторов в целом и аэропромвыбросов в частности. Значительное влияние на нее оказывает также возраст деревьев. Лиственные деревья и лиственница, сбрасывающие ежегодно свою листву и хвою, имеют большую устойчивость к загрязнению воздуха (Влияние загрязнений воздуха ..., 1981).

Разрушение лесных сообществ под воздействием промышленного загрязнения происходит с разной скоростью. Устойчивость насаждений зависит как от токсичности и продолжительности действия промышленных выбросов, так и от условий конкретных местообитаний. Хроническое атмосферное загрязнение вызывает постепенное уменьшение видовой насыщенности лесных фитоценозов, заметное ухудшение жизненного состояния растений и их отмирание (Ярмишко, 2003).

С.Л. Менщиковым и А.К. Махнёвым (2003) также отмечается, что в зонах действия крупных промузлов на Урале (функционирующих более 40–50 лет) очаги поражения лесов полностью сформировались. Степень повреждения их хорошо диагностируется по изменению морфологических признаков хвойных пород. По мнению А.К. Махнёва и др. (1990), деградация в районе действия различных предприятий протекает в основном одними и теми же путями. Трансформация берёзовых насаждений в градиенте увеличения дымогазовых эмиссий идёт в направлении от злаково-разнотравных к берёзнякам мелкоотравным и мёртвопокровным, а в хвойных насаждениях — от ельников кисличниковых к соснякам разнотравным и далее к берёзнякам разнотравным либо от сосняков черничниковых к соснякам

черничниково-разнотравным и березнякам разнотравным (в зависимости от коренных типов леса). Отмечается, что структурные реакции лесных экосистем в условиях загрязнения являются по своей оперативности и информативности более приемлемым показателем для биомониторинга по сравнению с данными функциональных реакций. Аналогичные выводы о трансформации растительности под влиянием поллютантов сделаны Е.Л. Воробейчиком с соавторами (1994). В наиболее близких к заводу точках наблюдается полная гибель древостоя. При этом живой напочвенный покров либо отсутствует, либо состоит из хвоща и злаков. Сильно развит моховой покров. Имеются эродированные участки с почти полностью смытой подстилкой и гумусовым горизонтом почвы. Травяно-кустарничковый покров наиболее мобилен и раньше древостоя реагирует на изменение среды.

Одним из важнейших показателей жизненного состояния и потенциальных возможностей лесных сообществ является характер развития и функционирования ассимиляционных органов деревьев. Ежедневно 1 га леса ассимилирует  $\text{CO}_2$  из 0,5–1,0 млн  $\text{м}^3$  воздуха, а также поглощает из него различные газообразные токсичные соединения (Николаевский, 1979).

Последствия промышленных выбросов в первую очередь сказываются на фотосинтетических органах растений – листьях и хвое. С количеством хвои связана продуктивность древостоев, фотосинтез, транспирация, аккумуляция атмосферной пыли и другие процессы, имеющие важное экологическое значение. Кроме того, хвоя является и сырьевым ресурсом, что целесообразно учитывать при ведении лесного хозяйства (Онучин, Спицына, 1995). Вблизи источников выбросов загрязняющих веществ имеет место снижение параметров ассимиляционного аппарата, уменьшение количества пар хвоинок на всем побеге и на 1 см его протяженности, длины побегов и сокращение массы хвои на них, а также дехромация хвои (Кулагин, 1974; Бортитц и др., 1981; Артамонов, 1986; Вайнерт и др., 1988; Гетко, 1989; Зубарева, 1993; Бызова, 1998; Феклистов и др., 2005). По некоторым данным, воздействие промышленных поллютантов приводит к уменьшению продолжительности жизни хвои сосны на 10, а ее размеров – на 10–20 % (Ковалев, 1983; Пастернак и др., 1993; Луганский и др., 2010; Торлопова, 2001).

По мнению ряда ученых (Узнова, 1980; Keller, 1974; Huttunen, Zaine, 1983; Kim, Zee, 1990; Turunen et al., 1997; Cape, Percy, 1998; Trimbacher, Weiss, 1999), под воздействием атмосферного загрязнения происходит деградация восков на поверхностях хвои и листьев.

Эрозия воска усиливает кутикулярную транспирацию, что, в свою очередь, увеличивает воздействие атмосферного загрязнения и сокращает время жизни хвои.

Многие исследователи отмечают, что в насаждениях, подвергающихся аэротехногенному воздействию, происходят накопление химических элементов в хвое и листьях, сокращение продолжительности жизни хвои. Установлено, что поглощение  $\text{SO}_2$  устьицами более интенсивно у сосны, чем у ели (Manninen, Huttunen, 2000).

Отмечается, что по мере увеличения аэротехногенной нагрузки происходит значительное изреживание крон деревьев вследствие сокращения продолжительности жизни хвои с 6 до 3 лет, развития хлорозов и некрозов, появления пораженной хвои на расстоянии 25 км и развития некрозов по краям и кончикам хвои на расстоянии 5–10 км, снижения густоты охвоения побегов с 2–3-летнего возраста, за исключением хвои текущего года. В сосновых насаждениях, произрастающих на территориях, прилегающих к промышленным городам, происходит ухудшение состояния ассимиляционного аппарата (Щекалев и др., 2001).

В.Б. Придача (2002) установлено, что соотношение N:P:K изменяется у сосны и ели с ухудшением категории состояния дерева в условиях загрязнения. Однако в условиях градиента загрязнения получены стабильные соотношения N:P:K в хвое сосны и ели. Предполагается, что системы поддержания соотношения основных элементов минерального питания N:P:K в условиях умеренного и сильного загрязнения отличаются. При этом различия могут быть связаны еще и с уровнем гомеостатирования (организм, орган).

Р.Х. Гиниятуллин (2002) предлагает рассматривать сосну обыкновенную как компонент лесного фитофильтра по отношению к Fe техногенного происхождения. Им выявлено наличие диспропорции в соотношении биологически необходимых элементов в хвое и побегах, которая связана не только с избыточным накоплением металлов, но и с более медленными, чем на контроле, темпами накопления Mn. Наиболее резко меняются отношения Fe/Mn в хвое и однолетних побегах сосны обыкновенной, хотя превышение Fe над Mn отмечается и в двух-трехлетних побегах. Содержание Fe в условиях загрязнения в однолетней хвое в 5,9 раза, в однолетних побегах в 5,7 раза выше, чем содержание Mn. Среднее содержание Fe в однолетней хвое в зоне условного контроля в 2,6 раза выше, чем Mn; в однолетних и двухлетних побегах это соотношение составляет 2,6–3,5.

Исследования А.П. Майсеенок (2001) в лесных культурах в условиях техногенного загрязнения Новополоцкого промышленного комплекса показали, что наименьшее количество поглощенной серы обнаружено в однолетней хвое ели и сосны (0,07–0,11 %), а также в листьях аронии черноплодной и рябины обыкновенной (0,11–0,12 %), высаженных на отдаленных (3–4 км) от источников загрязнения или отделенных от них естественными насаждениями участках. Промежуточное положение по уровню газоаккумуляции заняли такие виды, как береза повислая, липа крупнолистная и акация желтая (0,16–0,17 %).

В.Б. Придача, Е.Н. Теребова, Т.А. Сазонова (2003) исследовали влияние промышленного загрязнения серой и тяжелыми металлами на содержание и соотношение Р:К в хвое деревьев сосны обыкновенной и ели сибирской в северной подзоне восточно-европейской тайги в районе действия комбината «Североникель» (г. Мончегорск, Кольский п-ов). Анализ содержания серы и тяжелых металлов по категориям состояния дерева показал, что накопление поллютантов в хвое сосны и ели не зависит от физиологического состояния дерева. Выявлены три функциональных состояния (кластера), характеризующиеся определенным биохимическим статусом по содержанию N, P и K и их долей в соотношении N:P:K. Процентное соотношение деревьев ели по категориям в каждом кластере отличалось от такового у сосны. У сосны первый кластер составили деревья I и II категории, соответственно 60 и 40 %, у ели только I категории (100 %). Во второй кластер у сосны и ели вошли деревья II, III и IV категории: соответственно 20, 60, 20 % и 43, 43, 14 %. Большая часть деревьев ели находится в переходном состоянии, а сосны – в исходном состоянии с ненарушенным метаболизмом и переходном состоянии с метаболическими нарушениями.

Количество здоровой двухлетней хвои по мере удаления от Архангельского промышленного узла возрастает с 34 до 45 % (в 1988 г. соответственно с 12 до 49 %). Здоровая хвоя на побегах трехлетнего возраста в 2000 г. на деревьях в 5-км зоне от города составляла 9 %, а в 1988 г. отсутствовала полностью. На деревьях, подверженных воздействию рассеянного загрязнения, количество трехлетней здоровой хвои равно 22 % (в 1988 г. 10 %). Сравнительный анализ морфометрических показателей сосновой хвои в пригородах Архангельской агломерации за 1988 и 2000 гг. выявил тенденцию улучшения ее состояния, что связано со спадом промышленного производства на этой территории (Бызова др., 2002).

В пределах отдельного поля загрязнения отмечается увеличение концентрации зеленых и желтых пигментов в хвое при снижении ее фотосинтетической и дыхательной активности, что указывает на адаптационные изменения ассимиляционного аппарата, направленные на сохранение стабильного уровня фотосинтетической активности сосняков в условиях промышленного загрязнения (Суворова и др., 2004).

Экспериментально выявлены структурно-функциональные особенности у берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях г. Кемерово. На уровне листового аппарата у березы отмечается снижение суммы хлорофиллов, каротиноидов, снижается фотосинтетический потенциал, увеличивается ксероморфизм листьев. Максимальные изменения регистрируются в наиболее загрязненных районах (Неверова, 2002).

Изучение 35–40-летних насаждений березы, расположенных на разном расстоянии от промышленного центра, показало, что все они являются ослабленными, при этом площадь поражения листьев хлорозом и некрозом достигает 30–40 %. В разных частях кроны содержание металлов в листьях различалось. Содержание Mn и Fe в листьях из средней части кроны оказалось соответственно в 9,7 и в 17,5 раза выше, чем в листьях из нижней и верхней частей кроны. В нижней части кроны Cu и Cd содержалось в 1,4 раза выше, Ca в 8,6 раза выше, чем в средней и верхней частях кроны. Содержание Pb в нижней части кроны было в 1,8 раза выше, чем в верхней. Сделан вывод о важной роли березняков как биологического фильтра (Giniyatullin et al., 2002).

Растения напочвенного покрова бореальных лесов по стратегии минерального питания можно разделить на две группы: поглощающие минералы из атмосферы (зеленые мхи и лишайники) и преимущественно из почвы (кустарнички и травянистые растения) (Лукина, Никонов, 1998). Воздушное промышленное загрязнение изменяет химический состав атмосферных осадков, что может привести к повреждению и гибели зеленых мхов и лишайников (Андреева, 1990; Горшков, 1990; Ze Blanc, 1969; Ze Blanc, De Sloover, 1970; Nash, 1974). Исследования Т.В. Черненкоковой (1995 а) показали, что избыток в почве соединений серы, азота и тяжелых металлов является причиной изменений возрастной структуры, плотности, наземной фитомассы и морфометрических показателей растений травяно-кустарничкового яруса.

Флористический состав фитоценоза обладает высокой индикационной значимостью в условиях существования лесных экосистем при техногенном воздействии (Меннинг, Федер, 1985). По данным Н.В. Торлоповой и Е.А. Робакидзе (2003), в зоне сильного поражения промышленными выбросами флористический состав живого напочвенного покрова сосняка черничного трансформировался в таковой сосняка разнотравного при полном отсутствии здесь *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idea* L. и типичных для сосняков зеленых мхов и появлении крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). Подобную тенденцию увеличения по градиенту загрязнения относительного участия в составе соснового фитоценоза сосудистых растений отметила в своих исследованиях Т.В. Черненкова (1995б), луговых и сорных – М.Р. Трубина (1996).

Плотность особей черники и брусники в сосняках на загрязненных участках в среднем в 1,4 раза выше, чем в фоновых условиях. Интенсивное появление новых побегов возможно лишь при уменьшении конкуренции со стороны других, менее устойчивых к воздействию поллютантов, сосудистых растений, что отмечали в сосняках Кольского полуострова Н.М. Деева и Е.А. Мазная (1990). По данным Н.В. Торлоповой и Е.А. Робакидзе (2003), по сравнению с сосновыми фитоценозами фонового района в сосняках загрязненных участков уменьшается встречаемость большинства видов травянистых растений. Изучение жизненного состояния ассимиляционного аппарата растений-доминантов травяно-кустарничкового яруса показало высокую степень поврежденности листьев в зоне воздействия промышленных выбросов. Дехромация листьев черники в сосняках загрязненных участков в среднем в 2,8–4,4 раза превышала данный показатель сосняков фонового района, доля листьев брусники с некрозами и хлорозами – в 2,3–6,0 раз.

Напочвенный покров чутко реагирует на изменения окружающей среды и характеризует состояние фитоценоза в целом. В силу антропогенного вмешательства происходят существенная перестройка фитоценотической структуры и изменение пространственного распределения нижних ярусов растительности, проявляющиеся в формировании нового напочвенного покрова, несвойственного коренным еловым и сосновым биогеоценозам, с доминированием синантропных и нитрофильных компонентов растительности (Вознячук И., Вознячук Н., 2002).

С увеличением степени загрязнения происходит изменение видового состава живого напочвенного покрова: уменьшается доля бобо-



вых и увеличивается доля злаков. Изменяется ценотический состав: увеличивается количество синантропных и луговых видов, а лесных уменьшается (Махнёв и др., 1990).

Согласно Н.В. Лукиной и В.В. Никонову (1998) в условиях аэротехногенного загрязнения соединениями серы растения нижних ярусов обогащаются серосодержащими веществами.

Атмосферные загрязнения оказывают серьёзное влияние на семяношение сосны, прорастание семян и формирование подроста (Ярмишко, 1999). Воздействие промышленных эмиссий на плодоношение лесных насаждений неоднозначно и определяется целым комплексом факторов: концентрацией и составом вредных веществ, климатическими и почвенными условиями, индивидуальной устойчивостью и т. д. (Гудериан, 1979; Шебалова, 2000). Установлено, например, что в пораженных сосняках происходит снижение урожайности и уменьшение размеров шишек на 20–30 %, их массы – на 8,9 %. Д.Р. Аникеевым, Л.Г. Бабушкиной и Г.В.Зуевой (2000) изучалось влияние промышленного загрязнения на состояние генеративной сферы сосны обыкновенной. Показано изменение признаков женской и мужской репродуктивной системы и дифференциация деревьев по комплексу данных признаков в насаждениях, сформировавшихся при хроническом действии фторсодержащих аэрополлютантов. Исследования М.А. Карасёвой (1998) выявили влияние атмосферного загрязнения на репродуктивные процессы лиственницы и на снижение качества и жизнеспособности семян. Наибольшее влияние техногенное воздействие оказывает на энергию прорастания семян, которая в 5–6 раз меньше, чем на контроле. По массе семена отличаются на 20–25 %. Многие исследователи (Мамаев, Макаров, 1976; Калинин, 1991; Ярмишко, 1999) отметили, что уменьшение количества семян в одной шишке, снижение выхода семян и их посевных качеств, аномальные отклонения массы семян являются признаками, которые свидетельствуют о высокой уязвимости генеративных органов сосны промышленными эмиссиями.

Изучение состояния женской репродуктивной системы сосны обыкновенной по комплексу морфофункциональных признаков, проведенное на территории Свердловской области в зонах критического, сильного и слабого загрязнения фторсодержащими аэрополлютантами Полевского криолитового завода (ПКЗ), показало, что по мере приближения к ПКЗ наблюдается значительное снижение выживаемости семян, семенной продуктивности и посевных качеств семян сосны. В условиях критического и сильного загрязнения фтор-

содержащими аэрополлютантами существуют деревья, формы, группы деревьев, характеризующиеся высокой семенной продуктивностью и высокими посевными качествами семян. Отмечается, что семена этих деревьев адаптированы к условиям загрязнения фторидами и возможно использование их для лесовосстановления на территориях с ухудшенными лесорастительными условиями (Аникеев, 2000). С.Г. Махнёвой (1999) установлено, что в импактной зоне этого завода (на удалении 2 км), а также в фоновых условиях более половины модельных деревьев продуцируют пыльцу с высоким уровнем накопления крахмала, в то время как на удалении 3,5 км от завода таких деревьев в насаждении не более 30 %.

Исследование, проведенное в южно-таежных темнохвойных лесах, подвергающихся воздействию выбросов Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда, Свердловская обл.), показало, что при высоких уровнях техногенной нагрузки (на расстоянии 1–2 км от источника загрязнения) возобновление ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) полностью подавляется. При умеренных уровнях техногенной нагрузки численность всходов и подроста ели сибирской и пихты сибирской возрастает. Максимум численности всходов в естественных условиях и их лучшая выживаемость в экспериментальных посевах достигаются при больших уровнях загрязнения почвы. Первоначальное улучшение лесовозобновления связано с техногенным ослаблением фитоценотического пресса (разрушение лесного полога и снижение проективного покрытия травянистых растений). Подавление лесовозобновления при высокой интенсивности загрязнения обусловлено возрастанием токсичности почвы вследствие накопления в ней высоких концентраций тяжелых металлов (Веселкин, 2004).

Исследованиями сосняков, подверженных воздействию промышленных поллютантов, установлено, что средняя доля жизнеспособного елового подроста в 2 раза выше, чем соснового, что связано с биологическими особенностями роста и развития подроста данных пород. Доля нежизнеспособного подроста сосны в сосняке лишайниковом в среднем составляет 39 %, а в сосняке черничном – 51 % (Торлопова, Робакидзе, 2003). Согласно С.Н. Санникову (1965) последнее связано с уменьшением солнечного освещения в высокополнотных сосняках зеленомошного типа леса, что в итоге приводит к ослаблению здесь жизненного состояния соснового подроста.

Воздействие промышленных поллютантов на молодое поколение сосны более наглядно проявилось в сосняке черничном. Так, если в

насаждениях этого типа леса количество жизнеспособного подростa в фоновых условиях составило в среднем 49 %, то на загрязненных участках – 30 %. В то же время в сосняке лишайниковом доля здорового подростa сосны в фоновых и загрязнённых условиях – 61 и 58 % соответственно. Такое близкое количество жизнеспособного подростa в низкополнотных сосняках лишайникового типа леса на фоновой и загрязненной территориях связано, видимо, с довольно благоприятным световым режимом, поскольку для соснового подростa количество солнечного освещения является наиболее значимым экологическим фактором (Лир и др., 1974).

Подрост сосны испытывает световую и корневую конкуренцию со стороны древостоя, поэтому дополнительное негативное воздействие промышленных выбросов приводит к увеличению доли сухих сосенок. Так, в сосняке лишайниковом доля усохшего соснового подростa на загрязненных участках по сравнению с таковой в фоновых условиях в среднем больше в 3, а в сосняке черничном в 3,7 раза. В еловых сообществах фонового района доля жизнеспособного подростa ели составляет в среднем 70 %, а на загрязненной территории – 50 % от общего количества, нежизнеспособного – 21 и 32 % соответственно. Доля сухого елового подростa в ельниках фоновой и загрязненной территорий составила в среднем по 18 %. Наибольшее количество сухих елочек отмечается в зоне сильного воздействия выбросов (Торлопова, Робакидзе, 2003).

Воздействие поллютантов усиливает процессы дифференциации и самоизреживания деревьев в насаждениях (Ярмишко, 1997). Исследования сосновых насаждений в зоне влияния Архангельского ЦБК показали, что в сосняке черничном по мере удаления от источника аэротехногенного загрязнения прослеживается устойчивая тенденция уменьшения количества поврежденных деревьев (Феклистов и др., 2005). Корреляционный анализ влияния расстояния от источника загрязнения на категории санитарного состояния деревьев показывает, что между расстоянием и категориями деревьев имеется тесная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции 0,83).

Распределение количества деревьев по ступеням толщины является одним из основных показателей в строении древостоев (Высоцкий, 1962б). В фоновых условиях деревья в сосновых древостоях распределяются в 13–14 естественных ступенях толщины, а в загрязненных выбросами – в 14–16, что характерно для сосняков таежной зоны (Левин, 1966). Необходимо отметить, что в сосняках, произрастающих в зоне сильного загрязнения (до 6 км от источника эмиссии),

снижена доля участия деревьев с диаметром меньше среднего по сравнению с древостоями фоновых участков. Максимум функции распределения деревьев в данных насаждениях смещен в сторону деревьев со средним и большим диаметрами, что свидетельствует о более интенсивном отпаде соснового тонкомера. В зоне умеренного воздействия выбросов на лесные фитоценозы максимальное количество деревьев приходится на среднюю ступень толщины, а количество соснового тонкомера составляет 42,1–49,7 %, что довольно близко к распределению деревьев в древостоях, произрастающих в фоновых условиях (Торлопова, Робакидзе, 2003).

Исследования воздействия промышленных поллютантов показали, что в насаждениях, произрастающих в зоне загрязнения, в среднем на 30 % уменьшается количество деревьев I класса и на 15 % III класса роста и развития по Крафту. Большая часть господствующих деревьев в древостоях представлена II классом: их среднее количество на 12 % превышает показатель на участках фонового района. В сравнении с насаждениями фоновой территории в сосняках черничных, произрастающих в зонах сильной и средней степени воздействия поллютантов, отмечается также увеличение количества деревьев IV класса роста и развития – на 33 %, отмирающих и сухих деревьев V класса – на 13 % (Торлопова, Робакидзе, 2003).

Снижение приростов по диаметру улавливается в средне- и сильно поврежденных древостоях (степень дефолиации более 40–50 %). Под воздействием промышленного загрязнения средний индекс повреждения по 6-балльной шкале составляет более 2,7–3,0 (Менщиков, Махнёв, 2003).

Прирост деревьев по высоте, диаметру, площади сечения и объему сосен, растущих при постоянном воздействии промышленных поллютантов, по сравнению с приростом сосен фоновой территории уменьшается (Ковалев, 1983; Пастернак, 1993; Луганский и др., 2010; Торлопова, 2001). Установлено, что загрязнение атмосферы озоном и поллютантами приводит к сокращению ширины годовых приростов у 100-летних деревьев пихты, а также толщины клеточных стенок трахеид. При этом внутренний диаметр этих клеток увеличивается (Влияние атмосферных поллютантов..., 2004).

Исследования, проведенные в берёзовых насаждениях в окрестностях медеплавильного завода, показали, что среднегодовой прирост древесины по запасу, диаметру и высоте по мере приближения к источнику эмиссий значительно уменьшается (Махнёв и др., 1990).

Радиальный прирост деревьев зависит от погодно-климатических условий. В литературе имеются данные как о положительном, так и об отрицательном воздействии промышленных поллютантов на величину радиального прироста. Установлено снижение радиального прироста сосны обыкновенной в загрязнённых условиях до 60 % по сравнению с таковым в фоновых условиях (Подзоров, 1973; Фимушин, 1985; Мазепа, Приступа, 1986; Зиганшин, 1996; Николаевский, 1998; Щекалёв, Тарханов, 2001). Определена связь индекса прироста сосны обыкновенной с объёмом промышленных выбросов и расстоянием до источника эмиссии (Мазепа, Приступа, 1986). Анализ приростов в зоне максимальной загазованности Среднеуральским медеплавильным заводом (до 3 км) показал, что у сосны обыкновенной в возрасте 40–50 лет наблюдается резкое снижение радиальных приростов (Егоров, 1972). Наиболее устойчивыми к действию атмосферного загрязнения комбината «Североникель» являются 40-летние особи сосны, у которых не отмечается значительного снижения радиального прироста (Влияние ..., 1990). Имеются также факты о положительном влиянии загрязнения на радиальный прирост. Так, в зоне среднего промышленного загрязнения в окрестностях медно-никелевого комбината «Североникель» отмечалось увеличение радиального прироста сосны обыкновенной по сравнению с фоновыми условиями (Ярмишко, 1997). Установлено увеличение радиального прироста в еловых древостоях до 15 % по сравнению с таковым на незагрязнённых территориях в первые годы работы Новополоцкого нефтепромышленного комплекса (Пугачевский и др., 2001).

Р.В. Щекалев, Н.В. Торлопова (2002) отмечают значительное увеличение радиального прироста в пределах влияния поллютантов по мере удаления опытных объектов от источника выбросов. В сосновых насаждениях, произрастающих на территориях, прилегающих к промышленным городам, происходит ухудшение макроструктурных показателей и условной плотности древесины сосны (Щекалев и др., 2001).

Подстилка является важнейшим биогеохимическим барьером на пути миграции тяжелых металлов в почвах и экосистемах в целом, предохраняющим от негативного воздействия на биоту (Луганский и др., 2010; Копчик и др., 2001). Исследования Г.Н. Копчик, С.В. Копчика, М.А. Мурашкина-Миис (2001) показали, что поступление кальция и магния с атмосферными осадками и специфика состава почвообразующих пород тормозят подкисление подстилок в непосредственной близости от источника загрязнения. С приближением к

источнику промышленного загрязнения рН подстилок возрастает, тогда как обменная кислотность снижается. Тем не менее поступление кислотообразующих соединений из атмосферы вносит дополнительный вклад в естественные процессы подкисления верхней части почв в пределах 30–40 км от источника загрязнения. Важнейшими признаками этого являются высокая кислотность и низкое содержание обменных оснований в подстилках. Содержание обменного калия в подстилке снижается вблизи источника загрязнения. Потери обменных оснований могут быть результатом их замещения алюминием и тяжелыми металлами в поглощающем комплексе органогенных горизонтов. Доля обменных форм никеля и меди достигает четверти емкости катионного обмена подстилки. Вероятно, калий как наиболее мобильный катион может быть легко вытеснен с обменных позиций катионами поллютантов и вынесен из загрязненных почв. Продолжающиеся кислотные выпадения неизбежно приведут к обеднению верхней корнеобитаемой толщи обменными основаниями, усилению подкисления почв, мобилизации тяжелых металлов, нарушению баланса элементов питания и биологической активности почв (Щербаков и др., 1970; Рудакова, 1981; Гришина, Фомина, 1984; Воробейчик, Хантемирова, 1994; Коваленко, 1996).

В работе Е.Л. Воробейчика (2003) отмечено, что выбросы медеплавильного завода (тяжелые металлы и сернистый ангидрид) на Среднем Урале вызывают увеличение мощности лесной подстилки в 2,7–3,9 раза. Для нескольких вариантов биотопов, различающихся положением в рельефе (элювиальные, транзитные и аккумулятивные ландшафты), составом древостоя (березовые, березово-сосновые и березово-елово-пихтовые леса) и типом почвы (бурые горно-лесные, серые лесные и дерново-подзолистые почвы) построены нелинейные регрессионные зависимости «доза – эффект», связывающие мощность подстилки с содержанием в ней Cu, Pb, Cd и Zn. Экологические различия существенно влияют на характер траекторий изменения мощности подстилки в градиенте загрязнения, тогда как начальные и конечные значения мощности мало различаются в разных вариантах биотопов. Уровень загрязнения, после превышения которого начинает увеличиваться мощность подстилки, закономерно возрастает от аккумулятивных ландшафтов к элювиальным.

В почвенном покрове наиболее мощные потоки тяжелых металлов возникают вокруг предприятий черной и цветной металлургии, причем более 95 % их попадает в почвы в виде техногенной пыли (Алексеев, 1987; Бондарев, 1976; Ильин, 1991), большая часть – в виде

сухих осадений, а 15–25 % – атмосферными осадками (Цемко и др., 1980).

Соединения Pb, Zn, Cu и Ti имеют хорошо выраженный максимум в поверхностном слое почвы. Наибольшее содержание меди и цинка отмечается в верхнем горизонте, причем основная масса металлов антропогенного происхождения задерживается в верхнем слое (0–5 см). Слой 5–20 см характеризуется значительно меньшим содержанием металлов. Однако содержание свинца и никеля в верхнем 5-сантиметровом слое незначительно отличается от содержания этих металлов в других горизонтах (Махонько и др., 1985). Аккумуляция соединений тяжелых металлов в перегнойном горизонте может быть объяснена ионитными свойствами почвенных коллоидов (Григорьев, 1982).

Воздействие аэропромвыбросов создаёт условия для развития и размножения микроорганизмов, которые ранее не были доминантными в лесной почве. Сукцессия популяций микроорганизмов имеет тенденцию к преобладанию бактериальной группы, которая характеризует подстилку с очень вялым течением мобилизационных процессов, и вследствие этого разложение опада происходит очень медленно, и он накапливается на поверхности почвы (Шебалова и др., 1990).

В трех насаждениях с преобладанием сосны, в течение ряда лет подвергавшихся загрязнению атмосферными эмиссиями с преимущественным содержанием S и щелочной пыли, проводили изучение химии почвы, почвенного раствора, доминирующих процессов обмена веществ в почве после снижения эмиссионной нагрузки. Отмечено различие накопленных запасов S: 1275, 1160, 700 кг/га; большая часть содержалась в гумусном слое – 837, 450, 183 кг/га соответственно, а также на глубине 50 см. После сокращения выбросов концентрация SO<sub>2</sub> в почвенном растворе снижалась, но в экосистемах с первоначально большими запасами S продолжает оставаться высокой. Накопление щелочной пыли имеет большое влияние на буферные процессы в минеральной почве и на химический состав почвенного раствора.

Исследования Н.В. Прохоровой и др. (1998) по накоплению тяжелых металлов растениями в лесостепном и степном Поволжье показали, что из основных жизненных форм цветковых растений максимальной металлоаккумулирующей способностью обладают травы, средней – кустарники, минимальной – деревья. Это правило четко проявляется на аллювиальных дерновых насыщенных, дерново-карбонатных, серых лесных и в определенной мере на черноземных почвах. Только на техногенных грунтах древесные растения активнее,

чем травы, накапливают и природные, и техногенные элементы. Наиболее активными накопителями тяжелых металлов среди древесных растений являются представители семейств Aceraceae, Ulmaceae, Salicaceae; среди кустарниковых растений – Betulaceae, Fabaceae, Celastraceae. Максимальная металлоаккумуляция характерна для *Padus avium*, *Acer platanoides*, *Ulmus laevis*, *Sambucus racemosa*, минимальная – для *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica* и *Fraxinus lanceolata* (Прохорова и др., 1998).

Исследование образцов корней 40–50-летних лесных культур лиственницы Сукачёва, произрастающих в условиях загрязнения (Уфимский промышленный центр), взятых с глубины почвы до 1 м, показало, что содержание металлов (в мг/кг воздушно-сухого вещества) в условиях загрязнения равняется: Ca – 3480–22620, Mn – 13–540, Fe – 3010–9280; на контроле: Ca – 4040–15840, Mn – 40–150, Fe – 1030–4040. Во всех образцах обнаружены следы Sr. При загрязнении среды содержание металлов в верхнем слое почвы превышает норму в несколько раз: по Ca – в 2–4 раза, по Mn – в 1,5–2,5 раза, по Fe – в 3,5 раза. Такое превышение рассматривают как приспособительную реакцию корней и дерева в целом к условиям промышленного загрязнения (Zaitsev et al., 2002).

В естественных лесах с ростом уровня загрязнения территории тяжелыми металлами Д.В. Веселкиным (2003) установлено уменьшение длины поглощающих корней ели сибирской и пихты сибирской. Описываемый логистической кривой нелинейный характер зависимости длины корней от уровня техногенной нагрузки объясняется пороговым изменением условий существования корней при достижении критических уровней загрязнения почвы.

В зонах действия промышленных выбросов создаются благоприятные условия для энтомовредителей (Массель и др., 1988), видовой состав которых зависит от состава поллютантов (Богданова, 1987; Селиховкин, 1992). Поскольку при незначительных по объёму, но экспозиционно-непрерывных поступлениях поллютантов происходит постепенное ослабление деревьев, создаются благоприятные условия для доминирования ксилофагов (Вайчис и др., 1988). По мере углубления дигрессии коренные древостои разрушаются, в результате формируются ослабленные вторичные насаждения и даже техногенные пустыни (Кулагин, 1980; Николаевский, 1987). Имеются доказательства того, что под действием загрязнений появляется мутагенез (Кулагин, 1980; Бабушкина, Луганский, 1990).

Вследствие всех вышеперечисленных последствий влияния поллютантов на лесные насаждения наблюдается снижение бонитета на



1–3 класса, полноты на 0,1–0,2 единицы, прироста на 13–35 % и, как следствие, продуктивности древостоев (Смирнов, 1977). Установлена прямая зависимость между степенью загрязнения воздуха и приростом массы древесины: при слабом загрязнении (количество оседающей пыли  $350 \text{ мг/м}^2$ ) потери составляют 13,4 %, при среднем ( $360\text{--}550 \text{ мг/м}^2$ ) и сильном ( $750 \text{ мг/м}^2$ ) загрязнениях – соответственно 25,7 и 35,1 %. Средний ежегодный прирост сосны по высоте в промышленных районах меньше потенциального на  $1/2\text{--}1/3$ , по диаметру – на  $1/2$  (Писаренко, 1989). Дальнейшая дигрессия древостоя характеризуется его интенсивным распадом, причем прежде всего гибнут хвойные породы, затем лиственные. Гибель главных лесообразующих пород способствует появлению редкостойных и малопродуктивных насаждений из второстепенных пород (Подзоров, 1975), которые не обладают достаточной устойчивостью к аэропромвыбросам, и поэтому древесная растительность сменяется травянистой. Последняя не может достаточно противостоять эрозии почв, в результате чего образуются техногенные пустыни (Кулагин, 1974).

Выявление степени воздействия поллютантов на лесные экосистемы возможно только при проведении непрерывных комплексных исследований на фоновых и загрязненных территориях (Ярмишко, 1997). При мониторинге лесных экосистем необходимо исследовать как динамику состава и структуры фитоценозов, жизненного состояния отдельных растений и их органов, так и тенденции изменения метаболизма (Кулагин, 1980; Кондратюк и др., 1980; Алексеев, 1987; Бусько, 1995; Лукина, Никонов, 1996, 1998). В качестве диагностического критерия состояния лесных экосистем перспективным можно считать метод биоиндукции, основанный на изучении физиологических и биохимических реакций хвойных растений на загрязнение (Шавнин и др., 1996; Шебалова, Бабушкина, 1999, 2000; Фомин, Шавнин, 2001; Булгаков, 2002).

В лесных сообществах, произрастающих в условиях локального загрязнения, необходимо вести контроль за состоянием и изменением продуктивности насаждений с целью прогнозирования дальнейших поражений и выработкой рекомендаций по снижению или стабилизации отрицательных воздействий. В каждом конкретном случае повреждения лесных насаждений сначала выявляются ближайшие источники загрязнения атмосферного воздуха, содержание и количество вредных выбросов. На следующем этапе исследований выясняются основные симптомы повреждения или усыхания лесов. Во время полевых работ производится визуальная таксация с оценкой определенного количества показателей баллами. При камеральных

работах оценивается степень повреждения (Шяптяене, Вянцкус, 1985; Цветков, 1990).

Под воздействием химических загрязнений кардинально изменяется структура фитоценоза, происходит сокращение его видового разнообразия (Второва, Пьявченко, 1987; Черненко, 1987; Крючков, 1991). По мнению И.Н. Михайловой (1990), Е.Л. Воробейчика (1990), при проведении лишеноиндикационных исследований информативными параметрами являются показатели проективного покрытия лишайников в комлевой части, а также высота заселения ими стволов деревьев. Вблизи источников загрязнения типичное растительное сообщество замещается устойчивым к аэропромвыбросам сообществом. Изменения в составе растительных сообществ не могут быть объяснены только прямым действием аэропромвыбросов на восприимчивые растения. При изучении чистых и смешанных культур было установлено, что аэропромвыбросы вызывают изменения в межвидовой конкуренции. Размеры первичного влияния аэропромвыбросов на чувствительные виды растений столь велики, что растения становятся не способными к конкуренции за необходимые факторы роста (питательные вещества, воду, свет и др.).

Состояние лесных экосистем может оцениваться и по характеру связей показателей биоты почв и климата, взаимоотношения которых принадлежат к числу важнейших звеньев функционирования биогеоценозов. В качестве основных критериев используются: а) изменение таксономического разнообразия и структуры сообществ; б) соотношение жизненных форм доминантов и функционально-трофических групп беспозвоночных животных; в) изменение продуктивности биотических сообществ под воздействием природных и антропогенных факторов (Методы оценки состояния...., 1999).

Изучение накопления тяжелых металлов в растениях важно как для оценки состояния самого растения, так и для биосферы в целом в плане понимания процессов круговорота веществ, а также для научной и практической работы по экологическому мониторингу в связи с углублением процессов техногенеза (Израэль, 1984; Алексеенко, 1990; Ильин, 1991). За норму содержания тяжелых металлов приняты пределы их концентраций, способствующие осуществлению нормальной регуляции функций у растений (Второва, 1993).

В.С. Николаевский (1979) подразделяет мероприятия, повышающие устойчивость лесных насаждений к поллютантам, на четыре группы:

- агротехнические мероприятия. Применение этой группы мероприятий направлено на улучшение агротехнического фона лесовыра-

щивания. Это применение глубокой обработки почвы под лесные культуры, использование органических и минеральных удобрений (Луганский и др., 1984), мульчирование, замена в посадочных местах зараженной почвы на незараженную и т.д.;

- биологические мероприятия – это предпосевная подготовка семян;
- селекция древесных пород. Является весьма перспективным мероприятием. Наиболее доступно в широких масштабах использование для размножения и выращивания лесных насаждений внутривидовых форм, устойчивых к тем или иным поллютантам;

- лесоводственные мероприятия, прежде всего это рубки ухода. Рубки ухода обеспечивают формирование нужной структуры насаждений, состава, улучшение экологической среды, вызывают активизацию процессов метаболизма, увеличивают площадь питания деревьев, усиливают их ассимиляционный аппарат, снижают конкурентные взаимоотношения деревьев, что в конечном итоге приводит к усилению роста древостоев и повышению устойчивости насаждений в целом (Луганский и др., 1995, 2001, 2010).

В насаждениях необходимо стремиться к формированию сложных по форме и составу древостоев с подростом и подлеском в нижнем пологе. Проведение большинства лесохозяйственных мероприятий, в том числе и рубок ухода, приводит к повреждению части деревьев, оставленных на доращивание. Поэтому при формировании насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов, необходимо стремиться к созданию таких, которые требуют минимального ухода. В ряде случаев рекомендуется оставлять в лесу отпад, так как, разлагаясь, он способствует повышению почвенного плодородия, чем частично достигается сохранение естественной экологической среды (Рожков, Козак, 1989).

С целью биологической рекультивации газогенных пустошей, возникающих вокруг медеплавильных предприятий Урала, в частности озеленения промплощадок и создания санитарно-защитных зон, И.И. Шиловой и А.И. Лукьянец (1982) рекомендуется выращивание многолетних трав. Наиболее продуктивными при этом являются растения семейства злаковых (овсяница луговая, овсяница красная, ежа сборная) и бобовых (люцерна синегибридная, клевер красный), что связано с их большей газоустойчивостью и меньшей чувствительностью к кислым субстратам и тяжёлым металлам (Шилова, Лукьянец, 1982).

## **2.2. Рубки обновления как один из способов повышения устойчивости и омоложения рекреационных лесов**

Леса, расположенные вблизи населенных пунктов, имеют и особое рекреационное значение, которому в последнее время придаётся большое значение. Пригородные леса в результате рекреационного влияния сильно истощаются, в них нарушаются естественные условия лесовосстановления, резко снижается сомкнутость древостоя, появляются редины и большие площади с уничтоженным подростом и подлеском. В результате этого происходит преждевременный распад и отмирание древостоя (Кожевников и др., 2009). Необходимость создания устойчивых насаждений возрастает, если к фактору рекреационных нагрузок добавляется влияние промышленных поллютантов.

Леса, имеющие многофункциональное значение, нуждаются в целенаправленных режимах ведения хозяйства. Теоретической основой организации и ведения хозяйства в лесах рекреационного назначения является учение о лесе как автономной системе живых организмов, оптимально сбалансированных и оказывающих взаимное влияние друг на друга. Такое понятие о лесе было сделано Г.Ф. Морозовым в начале XX в. (Морозов, 1970), а позднее В.Н. Сукачевым (1964) был сформулирован термин «лесной биогеоценоз». Он как нельзя лучше отвечает интересам хозяйства в рекреационных лесах. Система организации и ведения хозяйства в этих лесах должна базироваться на принципах обеспечения постоянства лесной среды и высокого рекреационного потенциала насаждений.

Первый принцип ведения хозяйства в рекреационных лесах основывается на необходимости сохранения лесов и лесной среды как основного условия для выполнения оздоровительных и защитных функций, т. е. рекреационные насаждения должны формироваться с высокими эстетическими и гигиеническими свойствами. Второй принцип заключается в необходимости подбора и обоснования системы лесохозяйственных и инженерных мероприятий, обеспечивающих повышение защитно-оздоровительной роли, устойчивости лесных насаждений: создание лесных культур на не покрытых лесом площадях; реконструкция малоценных лесов; рубки ухода; охрана лесов от пожаров и защита от болезней и вредителей; устройство дорожно-тропиночной сети; строительство малых архитектурных форм; биотехнические мероприятия и др. (Хайретдинов, Конашова, 1992).

Одной из основных лесообразующих пород Российской Федерации является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). На Урале

насаждения с преобладанием сосны в составе древостоев занимают 7333,0 тыс. га при запасе 1136 млн м<sup>3</sup>, что составляет 24,0 % покрытой лесами площади и 26,7 % общего запаса древесины (Залесов, Луганский, 2002). Эта древесная порода обладает высокой пластичностью, имеет более широкую по сравнению с темнохвойными породами экологическую амплитуду и способна формировать насаждения в самых разнообразных почвенно-климатических условиях.

Сосновые насаждения Урала отличаются также высокой рекреационной ценностью. По способности поглощать углекислый газ они в 1,6 раза превосходят еловые и в 1,3 раза мягколиственные древостои. В.В. Протопопов и др. (1976) установили, что за вегетационный период 1 га 70-летних сосняков выделяет до 500 кг летучих органических соединений. Благодаря стабилизирующему действию на микрофлору окружающей среды существенно снижается количество микробов в лесном воздухе. Особо следует отметить, что по фитонцидности сосна обыкновенная превосходит основные древесно-кустарниковые породы, уступая только можжевельникам казацкому и обыкновенному, пихте сибирской и черемухе обыкновенной (Курамшин, 1988). В силу этого, а также в связи с тем, что сосновые древостои физиологически светлые, они охотно посещаются людьми. Повысить устойчивость сосняков к рекреационным нагрузкам можно путем усложнения компонентов, выращивания смешанных древостоев, сложных по строению и возрастной структуре. По классификации М.Н. Пронина (1990), чистые одновозрастные, средне- и высокополнотные сосновые насаждения со слаборазвитыми подростом, подлеском и живым напочвенным покровом относятся к неустойчивым насаждениям (5-й класс) с допустимой интенсивностью рекреационного использования не более 1,5 чел.-дн./га (135 чел.-дн./га).

Формирование высокопродуктивных, устойчивых, эстетически привлекательных сосновых насаждений невозможно без своевременного обновления (омоложения) спелых и перестойных деревьев. Проведение рубок спелых и перестойных насаждений в защитных лесах ограничено, а сплошнолесосечных запрещено. Отметим также, что выборочные санитарные рубки не могут решить задачу обновления сосновых древостоев, поскольку в процессе их проведения могут вырубаться только зараженные вредителями и болезнями отмирающие деревья. В связи с этим в различные годы задача омоложения насаждений решалась разными способами.

Так, например, в Правилах рубок...(1967) отмечалось, что лесовосстановительные рубки в лесах 1 группы защитности должны способствовать повышению водоохранных, почвозащитных, санитарно-гигиенических и эстетических свойств лесов, обеспечивать постепенную смену защитных насаждений молодыми древостоями такого породного состава, при котором они лучше соответствовали бы предъявляемым требованиям. Одновременно рубки леса должны учитывать необходимость своевременного использования спелой древесины без потери ее технических свойств.

В Правилах рубок... (1980) были сохранены понятия лесовосстановительных работ, а их параметры несколько ужесточены.

В 1991 г. появились практические рекомендации по проведению рубок ухода в лесах Урала, в которых были запрещены рубки главного пользования. В таких лесах предлагалось проводить рубки обновления и рубки переформирования (Теринов, Куликов, 1991).

В 1994 г. Рослесхозом утверждаются Наставления по рубкам ухода в лесах Урала (1994), в которых даются организационные параметры проведения рубок обновления. Согласно Наставлениям... (1994), в приспевающих и спелых насаждениях с целевым породным составом и достаточным количеством жизнеспособного подрост ценных пород, а также в насаждениях тех типов леса, где разреживанием древостоя обеспечивается эффективное естественное возобновление, обновление осуществляется способом равномерной или групповой выборки деревьев. Интенсивность изреживания с периодом между рубками 10–15 лет составляет 10–15 %, а полнота древостоя к возрасту спелости древостоя снижается до 0,5–0,6.

В ныне действующих нормативных документах (Правила ухода..., 2007) одним из видов рубок ухода указаны рубки обновления, проводимые в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях, для создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении. Однако организационно-технические параметры их проведения в данном документе отсутствуют.

Согласно ОСТ 56-108-98 рубка обновления насаждений – это рубка ухода, проводимая в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях, с целью их омоложения путём создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении, появляющихся в связи с проведением рубок ухода и содействия естественному возобновлению леса. Предполагается, что рубка обновления обеспечит сохранение и усиление целевых функций

лесных насаждений (водоохранных, почвозащитных, рекреационных и др.).

Многие вопросы, касающиеся рубок обновления, до настоящего времени остаются нерешенными. Последнее связано с целым рядом объективных и субъективных причин. Общеизвестно, что рубки обновления, как и другие виды рубок, должны проводиться на зонально (подзонально)-типологической основе. Нарушение данного подхода может привести к деградации насаждений, а также потере ими эстетической привлекательности, что особенно важно для рекреационных насаждений (Залесов, Луганский, 2002; Залесов и др., 2007).

Рубки обновления насаждений должны применяться в полегающих и в других аналогичных категориях насаждений, где вырубкой высоковозрастных деревьев, не утративших способности к вегетативному возобновлению, регулярно воспроизводятся насаждения, по крайней мере, за счет главных пород (Луганский и др., 2001).

С.Н. Санников (1999) предлагает выделение в системе рубок обновления особого варианта – рубок «возобновления» в одновозрастных спелых и перестойных древостоях, подлежащих коренному омоложению с целью повышения устойчивости и защитных функций. Для сосновых лесов Свердловской области при отсутствии подроста предлагается проведение регулярно-выборочной котловинной рубки (вариант рубки возобновления), при которой за один приём в выделе систематически выборочно с шахматным примыканием котловин вырубается древостой мелкими делянками правильной геометрической формы на площади не более 25 % от общей площади выдела. В качестве мероприятия по лесовосстановлению предлагается содействие сопутствующему естественному возобновлению или создание лесных культур.

На основе вышеприведённых рекомендаций на Среднем Урале были предприняты первые попытки провести рубки обновления и оценить их лесоводственную и экономическую эффективность. Так, например, В.В. Александров (2002) рассматривал равномерный и каймовый способы проведения рубки обновления, А.А. Терин (2004) – равномерный, крупноплощадковый, мелкоплощадковый и каймовый способы. А.Г. Магасумова (2004) дала лесоводственно-экономическую оценку выборочному и площадковому способам проведения рубки обновления.

Рубки обновления рекомендуется проводить различными способами: равномерным, площадковым, выборочным, каймовым. В результате,

согласно данным М.С. Залесовой, А.А. Терина, С.В. Залесова (2004), А.А. Терина (2004), В.В. Александрова (2002), в условиях высокоствольных типов леса равномерное разреживание материнского древостоя даже при условии минерализации почвы плугом ПКЛ-70 не обеспечивает формирования жизнеспособного подроста. Аналогичная картина характерна и для условий сосняка брусничного. Однако при условии увеличения интенсивности изреживания и сокращения периода между приёмами рубок обновления в этом типе леса возможен положительный результат. Расчёты показали, что проведение рубок обновления равномерным способом в условиях сосняка брусничного позволяет надеяться на успешное возобновление вырубок в случае сохранения подроста предварительной и сопутствующей генерации. Последнее неудивительно, так как количество жизнеспособного соснового подроста под пологом не тронутого рубкой древостоя достаточно для последующего возобновления вырубок. Затруднено естественное возобновление при проведении рубок обновления мелкоплощадковым способом, так как на вырубаемых участках площадью 0,36 га скапливается застойный перегретый воздух, быстро разрастаются злаки, малина, корнеотпрысковая осина.

Замена спелых и перестойных древостоев разновозрастными молодняками может быть обеспечена проведением рубки обновления каймовым способом. Спустя 3 года после проведения данных рубок в условиях сосняка разнотравного, по данным В.В. Александрова (2002), количество жизнеспособного соснового подроста составило 7,41 тыс. экз./га, при этом на долю крупного подроста приходилось 4,13 тыс. экз./га (55,7 %) и среднего 2,55 тыс. экз./га (34,4 %). А.А. Терин (2004) утверждает, что спустя 3 года после рубки обновления каймовым способом подрост оправился и на вырубленной полосе (кайме) сформировался молодняк составом 7,9С1,9Б0,2Ос. При общей густоте подроста 8,0 тыс. экз./га на долю сосны приходится 6,3 тыс. экз./га, из которых 4,9 тыс. экз./га имеют высоту более 1,5 м.

Лучшие условия для появления самосева и формирования подроста сосны создаются при проведении крупноплощадковых рубок обновления с расположением длинной стороны вырубаемых площадок с запада на восток. Однако даже при этом способе надёжное лесовосстановление может быть обеспечено только сочетанием рубок обновления с искусственным лесовосстановлением. Наибольший эффект с лесоводственной точки зрения имеет создание на вырубаемых в процессе рубок обновления площадках лесных культур без подготовки почвы 4–5-летними саженцами с густотой посадки 2,3–2,5 тыс. экз./га.



На необходимость применения рубок обновления в насаждениях елово-лиственной и сосновой формации зоны хвойно-широколиственных лесов (Московская, Владимирская обл.), старших возрастов лесопарковых частей зелёных зон, а также зон санитарной охраны источников водоснабжения указывает В.И. Желдак и др. (1994), поскольку проведение в этих древостоях только выборочных санитарных рубок приводит к деградации насаждений и к снижению эффективности выполнения ими защитных и средообразующих функций. Установлено, что большинство экологических функций эффективно выполняется достаточно сомкнутыми насаждениями с древостоями полнотой 0,7–0,9, нестарыми, абсолютно разновозрастными, где хорошо представлены все поколения леса.

Об успешном проведении рубок обновления с целью улучшения лесорастительных условий для роста кедра, господствующего в подчинённом пологе в лесах Приморья и Урала указывают В.Н. Корякин (2001) и Т.П. Бессонова (1999). Полученные результаты исследования показывают ряд преимуществ данных рубок. Во-первых, они экономически более выгодны, во-вторых, улучшается качественный состав древостоев, сокращаются сроки естественной смены пород, формирования орехоносных насаждений. Многие учёные отмечают увеличение приростов и улучшение состояния подроста и второго яруса ели, дуба, усиление плодоношения древесных пород, хороший рост появляющегося самосева, факт накопления подроста под пологом уже на второй год после первого приема рубки обновления (Кудинов, 1998; Межибовский, 2001; Ханцевич и др., 2001).

Рубка обновления в защитных лесах должна обеспечивать не только омоложение, но и сохранение и усиление целевых функций (рекреационных, почвозащитных, водоохранных и др.) лесных насаждений. На успешность естественного лесовосстановления большое влияние оказывают таксационные показатели древостоя, состояние подлеска, живого напочвенного покрова, лесорастительные свойства почвы, обуславливающие формирование многих микроэкологических факторов (освещенность, температурный режим, трофность почвы) и прохождение сложных биохимических процессов взаимодействия растений с внешней средой. По мнению большинства авторов, для подроста под пологом леса из климатических факторов наибольшее значение имеет освещенность (Бугаев, Гладышева, 1991; Абрамова и др., 2007).

В приспевающих и спелых насаждениях с целевым породным составом и достаточным количеством жизнеспособного подроста из хвойных пород, а также в тех типах леса, где разреживанием обеспечивается естественное возобновление, обновление насаждений осуществляется способом равномерной или групповой выборки деревьев. Интенсивность изреживания – 15–25 % с периодом между рубками 10–15 лет. При этом к возрасту спелости полнота древостоев снижается до 0,5–0,6. В последующем в этих древостоях, а также в перестойных насаждениях, ранее не охваченных рубками ухода, с подростом из ценных пород уход за молодым поколением леса производится путем удаления перестойных деревьев за два или три приема. В приспевающих и спелых насаждениях с нежелательным породным составом или быстро теряющих целевую функцию (в связи с заболеваниями, например), под пологом которых имеется достаточное количество подроста или второй ярус из ценных пород, обновление насаждений с полнотой 0,8 и выше производится за три или четыре приема рубок с удалением в каждый приём 25–30 % запаса первого яруса с периодичностью 5–10 лет. При полноте 0,5–0,7 запас удаляется за два или три приема рубок, а при полноте 0,3–0,4 – за один. Обновление перестойных насаждений производится, как правило, за два приёма рубок.

В насаждениях с мелкими или недостаточно дренированными почвами приведённые выше показатели интенсивности рубок снижаются примерно в полтора раза (за исключением низкополнотных насаждений) и соответственно увеличивается количество приемов рубок ухода. В разновозрастных древостоях с целью создания благоприятных условий роста и развития молодого поколения леса обновление насаждений осуществляется за счет удаления преимущественно перестойных деревьев с интервалами между приемами рубок 10–15 лет. При этом интенсивность изреживания определяется с тем расчетом, чтобы после завершения очередного приема рубки полнота чистых насаждений составляла 0,7, смешанных и сложных – 0,6. Рубки обновления насаждений должны применяться в полезащитных и в других аналогичных категориях насаждений, где вырубкой высоковозрастных деревьев, не утративших способности к вегетативному возобновлению, регулярно воспроизводятся насаждения, по крайней мере, за счет главных пород (Луганский и др., 2001; Абрамова и др., 2007).

Значительное количество работ посвящено анализу лесоводственной и экномической эффективности рубок ухода в лесах

различного целевого назначения (Теринов, Куликов, 1991; Абрамова, 2001; Магасумова, 2004).

Большинство авторов в своих работах отмечают положительные изменения качественных и количественных характеристик (показателей) древостоя, которые происходят после проведения рубок обновления. Отмечается, что рубки ухода влияют на состав, густоту, строение древостоев, а также улучшают товарную структуру и устойчивость к неблагоприятным факторам среды (Залесов, 1989; Абрамова, 2001; Магасумова, 2004 и др.).

Исследования И.М. Секерина (2009), проведенные на Среднем Урале, показали, что в результате проведения рубок обновления равномерным способом происходит увеличение доли деловой древесины мелкой и средней категории крупности за счет уменьшения доли дров и крупной древесины. При этом происходит улучшение санитарного состояния древостоев. При рубках обновления происходит изменение лесорастительной среды. В результате после рубок равномерным способом в живом напочвенном покрове увеличивается доля злаковых видов, образующих плотную дернину, а при площадковом способе наблюдается появление новых видов живого напочвенного покрова лугового ценотипа. Сделан вывод о необходимости сохранения подроста предварительной генерации в процессе проведения рубок обновления. При недостаточном количестве сохраненного подроста необходимо проведение минерализации почвы или применение комбинированного способа лесовосстановления в условиях сосняка ягодникового и искусственное лесовосстановление в условиях разнотравно-липняковой группы типов леса.

На Урале были проведены экспериментальные рубки 110-летних сосновых древостоев А.Г. Первухиным. В процессе проведения рубок обновления были убраны старые деревья с пониженным приростом, а более молодая часть оказалась в лучших условиях произрастания. В результате проведения рубок древостои характеризовались более высокими темпами прироста по высоте и диаметру. Так, несмотря на верховой метод отбора деревьев в рубку, через 22 года средние высота и диаметр превышали таковые до рубки.

В лесах Урала изучение рубок обновления различными способами показало, что возобновительные процессы на вырубленных полосах при площадковом способе рубок являются сходными с ходом возобновительных процессов на сплошных вырубках. Данное обстоятельство объясняется малой сохранностью

хвойного подроста при лесозаготовках и отпадом его в первые годы после рубки вследствие резкого изменения микроклимата, а также высокой конкуренции со стороны нижних ярусов растительности (Абрамова, Степанова, 2002; Магасумова, 2004). Отмечено, что лучшей обеспеченностью подростом предварительной генерации характеризуются насаждения сосняка-брусничника. Низкий лесоводственный эффект дают все способы рубок обновления, основанные на равномерном изреживании сосняков с малой интенсивностью выборки без проведения минерализации почвы.

Отметим также, что естественное возобновление леса имеет ряд существенных преимуществ перед лесными культурами. Даже при условии применения интенсивных мер содействия оно обходится в 5–7 раз дешевле искусственного лесовозобновления (Санников, 1961).

В научной литературе имеется большое количество работ, в той или иной мере касающихся вопросов возобновления леса. Особенности естественного лесовозобновления в сосняках на Урале, в Зауралье и смежных районах Западной Сибири изучали П.И. Чудников (1931); Ф.Ф. Симон (1934); А.П. Шиманюк (1949, 1962); С.Н. Санников (1958, 1961, 1964, 1970, 1973, 1976, 1978, 1984); Е.М. Фильрозе (1961); Б.П. Колесников и др. (1973); Н.А. Луганский (1974); В.Д. Луганская и Н.А. Луганский (1978) и другие авторы. Однако многие вопросы естественного лесовозобновления остаются нерешенными. С одной стороны, это связано с разнообразием лесов (то, что можно считать доказанным для одного типа леса, лишь отчасти подтверждается в другом и может совсем не соответствовать третьему типу), с другой стороны, подход к изучению природных явлений с годами совершенствуется, а это неизбежно приводит к критическому пересмотру части выводов, сделанных ранее, а нередко и к полному или частичному отказу от них. В связи с этим проблема изучения лесовозобновления в лесу никогда не окажется полностью исчерпанной. Кроме того, следует иметь в виду, что типы леса не являются постоянными. Они эволюционируют, в том числе и в части особенностей лесовозобновления и лесообразовательного процесса (Гневнова, 2009).

Систематические рубки ухода, по данным В.Г. Атрохина, Г.В. Кузнецова (1989), за период роста древостоя позволяют получить дополнительно древесины до 30 % (в хвойных лесах до 180 м<sup>3</sup>/га, в лиственных – до 100 м<sup>3</sup>/га). По данным А.В. Давыдова (1971), на

40–50 % увеличивается продуктивность насаждений за счет промежуточного пользования и на 5–10 % за счет повышения прироста.

Отметим, что на долю рубок обновления и переформирования в Челябинской области за период 2000–2004 гг. приходилось от 12,6 до 17,0 % от всех проводимых в области рубок ухода, это составляло от 2840 до 3430 га. В среднем за 5 лет рубки обновления проведены на площади 16 096 га, что составило 14,3 % от общей площади гослесфонда, пройденной рубками ухода за это же время. Велика доля рубок обновления и переформирования в общем объеме рубок ухода и в бывшем Кыштымском лесхозе – 19,2 %.

## Выводы

1. Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу различный спектр поллютантов. Даже при близком наборе ингредиентов аэропромвыбросов их концентрации для каждого предприятия различны. В зависимости от длительности и интенсивности происходят различные негативные изменения лесных насаждений. Природные условия (географическое положение, климат, рельеф и т.д.) оказывают влияние на распределение аэропромвыбросов. В результате вблизи каждого источника загрязнения создается свой особый очаг поражения.

2. Специфичность воздействия поллютантов вызывает необходимость разработки системы лесоводственных мероприятий в районах действия каждого крупного промышленного узла, направленной на повышение устойчивости прилегающих насаждений.

3. Лесные насаждения, прилегающие к населенным пунктам, помимо воздействия промышленных поллютантов, испытывают интенсивные рекреационные нагрузки. Последнее вызывает необходимость разработки системы мероприятий, направленных на повышение устойчивости и рекреационной привлекательности насаждений. В частности должна быть разработана система рубок, направленных на обновление (омоложение) насаждений.

4. Решение вопроса омоложения насаждений не может быть обеспечено проведением выборочных санитарных рубок. Для повышения устойчивости и продуктивности лесов требуется их омоложение, которое возможно только проведением рубок обновления.

5. В Кыштымском лесничестве Челябинской области накоплен достаточный опыт проведения рубок обновления, который нуждается в обобщении. Последнее определило направление наших исследований.

### 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЁМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

#### 3.1. Методика исследований

Общей методической особенностью исследований являлось сравнение показателей состояния сосновых и берёзовых насаждений в условиях аэротехногенного загрязнения с аналогичными таковых, произрастающих в фоновых условиях, а также сравнение показателей состояния сосновых насаждений, пройденных рубками обновления, с показателями сосняков, не тронутых рубок.

В основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), заложенных согласно требованиям ОСТ 56-60-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки» и методическим рекомендациям по закладке ПП (Сеннов, 1972; Свалов, 1982).

Пробные площади закладывались на удалении не менее 30 м от автодорог, просек, полян, прогалин и др. ПП отграничивались в натуре с помощью угломерных инструментов визирами, а по углам закреплялись столбами. Минимальные размеры ПП устанавливались с учетом коэффициента варьирования диаметра и заданной точности определения его среднего значения (Анучин, 1982). ПП закладывали с таким расчетом, чтобы в нее входило не менее 400–500 деревьев в молодняках или 150–200 в спелых древостоях. Такое количество измеренных деревьев обеспечило точность определения среднего диаметра во всех случаях не ниже  $\pm 5\%$ . Форма ПП прямоугольная или квадратная, площадь – от 0,18 до 0,3 га. Типологическое описание пробных площадей производилось согласно методическим указаниям Б.П. Колесникова с соавторами (Колесников и др., 1973). Контрольные ПП для изучения рубок обновления закладывались в древостоях того же типа леса, не тронутых рубкой.

Замеры морфометрических показателей деревьев на ПП проводили индивидуально. На всех пробных площадях выполнен сплошной пересчет деревьев материнского полога отдельно по породам с помощью мерной вилки на высоте 1,3 м. При среднем диаметре древостоя до 16 см ступени толщины принимались равными 2 см, а свыше 16 см – 4 см.

При проведении исследований по влиянию промышленных поллютантов на лесные насаждения в пределах древесной породы все деревья материнского полога на ПП распределялись и по категориям

санитарного состояния (Санитарные правила ..., 1998.). Для оценки жизненного состояния древостоев рассчитывали показатель средневзвешенной категории состояния (Ковалёв, 1993). Для получения более точных результатов за основу расчёта брали количество деревьев разных категорий санитарного состояния и их стволовой запас:

$$I = \left( \sum_{i=1}^6 i w_i \right) W^{-1}, \quad (3.1)$$

где  $I$  – средневзвешенная категория состояния, баллы;

$i$  – номера категорий санитарного состояния деревьев, баллы от 1 до 6;

$w_i$  – стволовой запас древесины деревьев  $i$ -го класса санитарного состояния, м<sup>3</sup>/га;

$W$  – общий запас древостоя, м<sup>3</sup>/га.

$$I = \left( \sum_{i=1}^6 i n_i \right) N^{-1}, \quad (3.2)$$

где  $I$  – средневзвешенная категория состояния, баллы;

$i$  – номера категорий санитарного состояния деревьев, баллы от 1 до 6;

$n_i$  – количество деревьев  $i$ -го класса санитарного состояния, шт./га;

$N$  – общее количество деревьев, шт./га.

Насаждения по этой шкале подразделяются на здоровые, если средняя категория санитарного состояния равна 1,0–1,5, ослабленные, если она равна 1,6–2,5, и на сильно ослабленные, если средняя категория санитарного состояния равна 2,6–3,5.

Средний диаметр элемента леса рассчитывался через среднюю площадь сечения. Для этого определяли сумму площадей сечений всех деревьев элемента леса и делили её на общее количество деревьев.

Средняя высота древостоя устанавливалась по графику высот для дерева среднего диаметра. График высот строился на основании замеров высот у 20 деревьев основного элемента и 3–4 сопутствующих древесных пород. Замеры высот модельных деревьев производились с помощью высотомера «Suunto» с точностью 0,1 м.

У трёх средних и трёх толстых деревьев сосны на 10 ППП высверливались возрастным буравом керны древесины. На кернах проводились измерения годичных колец с помощью стереоскопического микроскопа МБС–9 с окулярной линейкой. По данным измерений

устанавливался как текущий годичный прирост, так и среднепериодический по пятилетним периодам роста дерева.

Относительная полнота определялась с помощью специальных таблиц стандартных значений сумм площадей сечений и запасов для лесов горного Урала (Сортиментные и товарные таблицы..., 1997).

Запас древесины оценивался по сортиментным таблицам для лесов Урала (Нагимов и др., 2003).

Учет количественных и качественных показателей подроста проводился согласно методическим рекомендациям А.В. Побединского (1966) путем закладки учетных площадок на трансектах через равное расстояние друг от друга размером  $4 \text{ м}^2$  ( $2 \times 2 \text{ м}$ ) в количестве не менее 20 шт. на каждой пробной площади. Для получения данных по характеристике возобновления с точностью  $\pm 5 \%$  общий размер учетных площадок при очень густом и густом подросте (8,0 тыс.экз./га и более) составляет 0,5 % от площади ПП, при средней густоте подроста (3–8 тыс.экз./га) – 1 % и редком (менее 3 тыс.) – 2 %. Подрост описывался по породам, возрасту, высоте и жизненному состоянию. В процессе перечета весь подрост делился по видовому составу, категориям состояния (жизнеспособный, нежизнеспособный, сомнительный), категориям крупности (мелкий – высотой до 0,5 м, средний – 0,5–1,5 м, крупный – более 1,5 м). Учёт всходов (растения в возрасте 1–2 года) производился отдельно. При оценке успешности естественного возобновления прибегали к пересчету количества подроста на крупный. Для этого мелкий подрост (высотой до 0,5 м) умножали на коэффициент 0,5, средний – на 0,8. При камеральной обработке устанавливалась встречаемость подроста на каждой пробной площади как выраженное в процентах отношение количества учетных площадок с наличием подроста к общему количеству заложенных площадок.

Для оценки состояния ассимиляционного аппарата соснового подроста использовали биометрический метод, т. е. измерение массы и длины хвои, расчёт площади поверхности хвои и охвоённости побегов. Ветви для анализа срезали секатором с южной стороны у 10 модельных экземпляров подроста сосны 15-летнего возраста в средней части кроны. В процессе исследований производили замеры величины годичных приростов побегов и подсчитывали количество пар хвоинок по годам. Для характеристики густоты охвоения пересчитывали количество хвои на 5 см побега у отобранных образцов. Длина хвои измерялась с точностью до 0,1 см. Хвоя высушивалась в сушильном шкафу ШС-0,25–20 (Россия) при температуре  $105^\circ\text{C}$  до постоянной массы. Взвешивание 100 пар хвоинок в 5 повторностях проводилось



на весах ВЛКТ-500 г-М (Россия) с точностью до 0,01 г. Площадь поверхности хвои определялась по методике Ю.Л. Цельникер (1982).

Изучение подлеска на ПП производилось на тех же учётных площадках, что и изучение подроста. При описании подлеска рассматривались следующие показатели: видовой состав, жизненное состояние растения (здоровое, поврежденное, сухое), средняя высота, встречаемость. К здоровым экземплярам относились растения, не имеющие повреждений или при наличии их менее 20 %, к сухим – при наличии погибшей листвы и ветвей на 80 % и более, остальные – к повреждённым.

Живой напочвенный покров (ЖНП) описывался на учётных площадках размером 0,5 × 0,5 м по 15 шт., равномерно размещённых на каждой ПП. На каждой учётной площадке срезался весь живой напочвенный покров на уровне поверхности почвы. Затем он сортировался по видам и взвешивался. Для определения влажности бралась навеска каждого вида и высушивалась до абсолютно сухого состояния (24 ч при температуре + 105 °С), после чего снова взвешивалась.

Все виды растений ЖНП разделялись по ценотипам: лесные, луговые, лесолуговые, лугово-лесные. Кроме того, виды ЖНП, согласно классификации недревесных ресурсов А.Ф. Черкасова и др. (2000), были разделены на следующие группы:

- лекарственные и витаминоносные – растения этой группы содержат различные биологически активные вещества, которые при поступлении в организм человека оказывают терапевтическое (целебное) действие;
- пищевые – растения, употребляемые в пищу непосредственно в натуральном виде или служащие сырьём для кондитерской, пивоваренной, ликёро-водочной промышленности;
- медоносные – нектароносные и пергааносные растения;
- кормовые – растения, которые являются кормом для диких и домашних животных;
- жиромасличные – растения, из плодов или семян которых получают растительные (пищевые) или технические масла;
- эфиромасличные – растения, содержащие разнообразные эфирные масла, представляющие собой смеси различных веществ и обладающие своеобразным запахом;
- ядовитые;
- технические – в эту группу входят растения, содержащие в разных своих частях красящие (красильные) или дубильные вещества;
- сорные.

Индекс общности Чекановского – Сьеренсена определяли по формуле (Некрасова, 2002; Бунькова и др., 2011)

$$I_{CS} = 2a / (a + b) + (a + c), \quad (3.3)$$

где  $a$  – количество общих видов, присутствующих в обоих растительных сообществах, шт.;

$b$  – количество видов, имеющихся только в первом растительном сообществе, шт.;

$c$  – количество видов, имеющихся только во втором растительном сообществе, шт.

Чем больше абсолютная величина индекса  $I_{CS}$ , тем больше сходство между двумя сравниваемыми растительными сообществами.

Индекс общности Жаккара определяли по формуле (Некрасова, Вигоров, 2002; Залесов и др., 2007; Бунькова и др., 2011)

$$I_J = q / (a + b - q), \quad (3.4)$$

где  $q$  – количество общих видов растительных сообществ;

$a$  – количество растительных сообществ, имеющихся только в первом растительном округе, шт.;

$b$  – количество растительных сообществ, имеющихся только во втором растительном округе, шт.

При значении коэффициента Жаккара меньше 0,2 не наблюдается соответствия между растительными сообществами, 0,2–0,65 – малое соответствие, 0,65 – большое соответствие, 1,0 – полное соответствие.

Запас лесной подстилки на ПП определялся на 15 учётных площадках размерами 0,1 х 0,1 м, закладываемых с помощью шаблона. Шаблон укладывался на почву и по его периметру подстилка ножом вырезалась до минерального слоя. Затем из внутренней части шаблона убиралась вся растительность, а подстилка снималась. На этих же учётных площадках с помощью линейки определялась мощность лесной подстилки с точностью до 0,1 см. В лабораторных условиях лесная подстилка сортировалась по фракциям: хвоя, листья, сучья, кора, шишки, остатки ЖНП и труха, которые отдельно взвешивались. От всех фракций отбирались образцы, взвешивались, высушивались до абсолютно сухого состояния (24 ч при температуре + 105 °С), после чего вновь определялась их масса. По степени разложения лесной подстилки в отличие от общепринятых методик (Сукачев и др., 1961; Родин и др., 1968) выделены не три, а два подгоризонта:  $A_0^I$  – неразложившийся,  $A_0^{II}$  – разложившийся, согласно рекомендациям В.Н. Луганского (1993), в связи со слабой ее дифференциацией в сосняках. Для

анализа скорости разложения использован коэффициент, представляющий частное от деления  $A_0^I$  на  $A_0^{II}$ .

Для определения активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов нами был использован метод аппликаций (Востриков, Петрова, 1961; Залесов, Луганский, 1989; Юсупов и др., 1999). В качестве тестов использовались кусочки хлопчатобумажной ткани размером 100 x 200 мм. На каждой ППП в июле 2007 г. закладывалось по 10 тестов, смоченных дистиллированной водой, под лесную подстилку на поверхность почвы. Все кусочки ткани нумеровались, в натуре места закладки тестов закреплялись колышками. При закладке опыта учитывалась парцеллярная неоднородность изучаемых насаждений. Спустя 60 дней тесты извлекались, очищались от частиц почвы и лесной подстилки, высушивались до абсолютно сухого состояния и взвешивались. Разложение клетчатки определялось по разнице массы тестового материала до и после экспозиции, что позволяло опосредованно определять актуальную биологическую активность почв (БАП).

Мерой нагрузки на лесные экосистемы в наших исследованиях по влиянию промышленных поллютантов служило расстояние до их источника (ЗАО «Карабашмедь»). Во многих работах показано, что между расстоянием до источника эмиссии и концентрациями загрязняющих веществ имеются тесные связи, обычно описываемые экспоненциальной или гиперболической функцией. Например, у Б. Фридмана и Т. Хатчинсона (Freedman, Hutchinson, 1980) коэффициенты корреляции между расстоянием и логарифмами концентраций Ni и Cu достигают  $-0,95 \dots -0,98$ , что свидетельствует о почти функциональных зависимостях. Аналогичные примеры отражены во многих других работах. Причиной использования такой меры нагрузки, как расстояние, является легкость измерения, когда нет необходимости проводить химические анализы. Поскольку концентрации нескольких поллютантов хорошо коррелируют с расстоянием, считается, что оно служит интегральной мерой нагрузки, характеризующей весь комплекс загрязнителей. Однако необходимо учитывать несколько корректирующих моментов: неоднородность микро- и мезорельефа; корреляцию с расстоянием других антропогенных факторов (например рекреации); разную дальность переноса различных поллютантов; при асимметричной розе ветров сравнимы только точки, расположенные на одном радиусе (Воробейчик и др., 1994).

Камеральная обработка экспериментальных данных произведена в соответствии с общепризнанными методиками, действующими

ГОСТами и инструкциями. Статистико-математическая обработка материалов проведена с помощью пакета анализов программы Microsoft Office Excel.

### 3.2. Объём выполненных работ

В процессе выполнения исследований по влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на прилегающие лесные насаждения в период с 2005 по 2016 гг. были проведены работы на 22 постоянных пробных площадях. На всех ППП был произведён сплошной переречёт (всего 4527 дерева), замерены высоты у 506 деревьев. Для изучения живого напочвенного покрова было заложено 330 учётных площадок с последующим определением массы в абсолютно сухом состоянии каждого вида ЖНП. Установление качественных и количественных показателей подроста и подлеска было проведено на 330 учётных площадках, а лесной подстилки – на 200 учётных площадках. Взяты керны у 60 деревьев сосны. Для определения биологической активности почв проведена экспозиция 130 тестов из хлопчатобумажной ткани. Подсчитана охвоенность 60 ветвей подроста сосны. Произведено 165 взвешиваний 100 пар хвоинок. Измерена длина 3300 шт. хвоинок.

В период с 2013 по 2016 гг. были проведены исследования на 22 пробных площадях, заложенных в рекреационных сосняках Кыштымского лесничества, находящихся в зонах слабого и очень слабого поражения (фоновой) промышленными поллютантами. При этом 20 ПП заложены в насаждениях опытно-производственных рубок обновления, проводимых в период с 1991 по 2011 гг. Для анализа данных и сравнения результатов исследования заложены две контрольные пробные площади в насаждениях, где рубки не проводились.

На всех ПП был произведён сплошной переречёт (всего 5566 деревьев), замерены высоты 506 деревьев. Установление качественных и количественных показателей подроста и подлеска было проведено на 330 учётных площадках, а лесной подстилки – на 165 учётных площадках. В 165 точках измерена мощность лесной подстилки. Для изучения живого напочвенного покрова было заложено 165 учётных площадок с последующим определением массы в абсолютно су-

хом состоянии каждого вида ЖНП. Суммарно обнаружено 69 видов травянистых и кустарничковых растений, которые входят в 28 семейств. Подсчитана охвоенность 140 ветвей подроста сосны. Произведено 330 взвешиваний 100 пар хвоинок. Измерена длина 2554 шт. хвоинок. Измерены годовичные приросты центрального побега сосны за последние 5 лет у 140 экземпляров подроста сосны.

## **4. ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЮТАНТОВ ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ» НА СОСТОЯНИЕ ПРИЛЕГАЮЩИХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

### **4.1. Характеристика опытных объектов**

#### **4.1.1. Характеристика атмосферного загрязнения территории района исследований**

Под атмосферным загрязнением понимается любое отклонение состава воздуха от нормального, при котором он содержит 78,03 % азота, 20,99 % кислорода, 0,04 % углекислого газа и около 1 % водорода, аргона и других инертных газов (Детри, 1973). Более 150 видов твердых, жидких и газообразных веществ выбрасывается в атмосферу в больших количествах и расценивается как вещества, загрязняющие воздух (Менщиков, Ившин, 2006). Под источником загрязнения понимается природный или антропогенный объект, в процессе деятельности которого в биосферу или её компоненты поступает повышенное содержание загрязняющих веществ, которые, в свою очередь, вызывают негативную токсико-экологическую реакцию (Орлов и др., 1991).

Карабашская экосистема сформировалась в результате длительного, почти столетнего, воздействия на окружающую среду горнодобывающего, металлургического и обогащательного производств, действовавших с грубыми нарушениями принципов рационального природопользования.

На территории г. Карабаша в различное время и в различных местах были построены и работали три медеплавильных завода.

**Первый медеплавильный завод** построен при Александре Зотове. Начало строительства – 1834 г., окончание строительства – 1837 г. Место расположения завода – Сак-Элгинский выселок (на реке Сак-Элга). Завод работал с 1837 по 1842 гг. За пять лет выплавлено 22 т черновой меди.

**Второй медеплавильный завод** построен АО «Кыштымские горные заводы» в 1907 г. в районе пос. Старомедный рядом с шахтой Конюховской. Завод проработал до конца 1910 г. и остановлен с момента пуска третьего медеплавильного завода.

**Третий медеплавильный завод** построен АО «Кыштымские горные заводы», основным акционером которого являлся Лесли Уркварт. Строительство завода начато в 1908 г. и окончено в декабре 1910 г. Завод расположен у подножья горы Карабаш (рис. 4.1). К 1915 г. завод выплавлял треть всей меди, производимой в России. В декабре 1917 г. завод был национализирован и в 1918 г. остановлен из-за начавшейся Гражданской войны. В период с января по май 1925 г. выполнены работы по восстановлению завода. Запуск завода осуществлен 20 мая 1925 г. Первая плавка меди выдана 22 мая 1925 г. Официальной датой пуска Карабашского медеплавильного комбината считается 28 мая 1925 г.



*Рис 4.1.* Медеплавильное предприятие  
ЗАО «Карабашмедь» – источник промышленных поллютантов

В результате многолетней деятельности медеплавильного завода из-за грубых нарушений принципов рационального землепользования, отсутствия современных газоочистных сооружений в городе сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка: огромная площадь нарушенных земель, загрязнение почв, атмосферного воздуха, водоемов, подземных вод вредными веществами, гибель растительности. Из-за неблагоприятной экологической обстановки в г. Карабаше решением коллегии областного комитета по охране природы (ноябрь 1989 г.) и приказом министра металлургии СССР № 400

от 21.11.1989 г. старое металлургическое производство (КМК) было остановлено. Остановка медеплавильного производства послужила причиной временного снижения концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе и их отрицательного влияния на почвенный покров. На западном склоне Золотой горы стал появляться березовый молодняк. В 1998 г. на производственных мощностях медеплавильного комбината открылось новое предприятие – ЗАО «Карабашмедь», в настоящее время это ведущее предприятие города, основной вид его деятельности – производство черновой меди. Пуск медеплавильного предприятия на полную мощность в 1998 г. вызвал резкое повышение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что при физически и морально устаревшем газоочистном оборудовании привело к дальнейшему загрязнению территории города и гибели растительности.

Загрязняющие вещества поступают в атмосферу в виде пыли и газообразных веществ. Они содержат различные токсичные элементы и соединения, среди которых преобладают серосодержащие вещества. Основными выбросами медеплавильного предприятия являются диоксид серы (около 90 %), оксид углерода, неорганическая пыль, оксид меди, оксид цинка, кроме того, свинец, мышьяк, диоксид азота. В относительно небольших количествах выбрасываются пятиокись ванадия, фторид и хлорид водорода (рис. 4.2). Степень загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы в соответствии со ст. 59 Закона Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» и «Критериями оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» по среднегодовым и среднесуточным загрязнениям соответствует состоянию «зоны экологического бедствия». Такой же уровень загрязнения свинцом отмечается по среднесуточным концентрациям. Высоко загрязнение воздуха пылью: показатель среднегодового загрязнения территории, находящейся на расстоянии до 2 км от источника, равен 17, что по «Критериям...» соответствует «зоне экологического бедствия» (Государственная экологическая экспертиза, 1996).

Согласно данным отдела по охране окружающей среды администрации Карабашского городского округа объём выбросов за период с 1907 по 2013 гг. составил 14,51 млн т. В табл. 4.1 приведены объёмы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.



Таблица 4.1

Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за весь период работы медеплавильного производства, расположенного на территории Карабашского городского округа Челябинской области (по состоянию на 01.01.2014 г.), т

Период, год	Пыль неорганическая SiO <sub>2</sub> < 20%	Диоксид серы	Оксид меди	Свинец и его соединения	Мышьяк	Оксид цинка	Прочие	Всего выбросов	Объем черновой меди	Выбросы на тонну черновой меди
1907–1918	14 699	353 823	1 574	3 360	2 520	6 037	-	382 013	52 496	7,277
1925–1969	299 603	7 211 872,4	32 100,3	68 480,6	51 360,5	123 051,2	-	7 786 468	1 070 010,75	7,277
1970	19 310	433 000	2 350	3 580	2 960	7 600	-	468 800	65 548,2	7,152
1971–1974	71 985,2	1 732 787,9	7 712,7	16 453,7	12 340,3	29 565,2	-	1 870 845	257 090,2	7,277
1975–1978	55 580	1 100 510	5 760	14 490	9 150	23 050	-	1 208 540	208 350,06	5,8
1979–1984	88 208,3	1 014 106,3	8 704,6	16 829,2	11 026	24 953,6	-	1 163 828	290 159,2	4,011
1985–1997	69 335	757 269	6 666	7 991	6 236	14 740	3062	865 299	221 639,4* 35 972,4** 36 575***	Нет данных
1907–1997	618 720,5	12603368,6	64 867,6	131 184,5	95 592,8	228 997	3062	13 745 793	Нет данных	Нет данных
1998–2006	59 191	542 552	1008,6	438,8	464,2	6 975,8	49609,6	660 240	284 935,8	2,23
2007–2013	189,15	85818,01	30,94	27,86	1,86	64,31	4107,54	103722,72	Нет данных	Нет данных
ИТОГО 1907– 2013	678 100,65	13 231 738,61	65 907,13	131 651,16	96 058,86	236037,11	56779,14	14 509 756	Нет данных	Нет данных

\* – черновая медь; \*\* – медный сплав; \*\*\* – медный штейн.

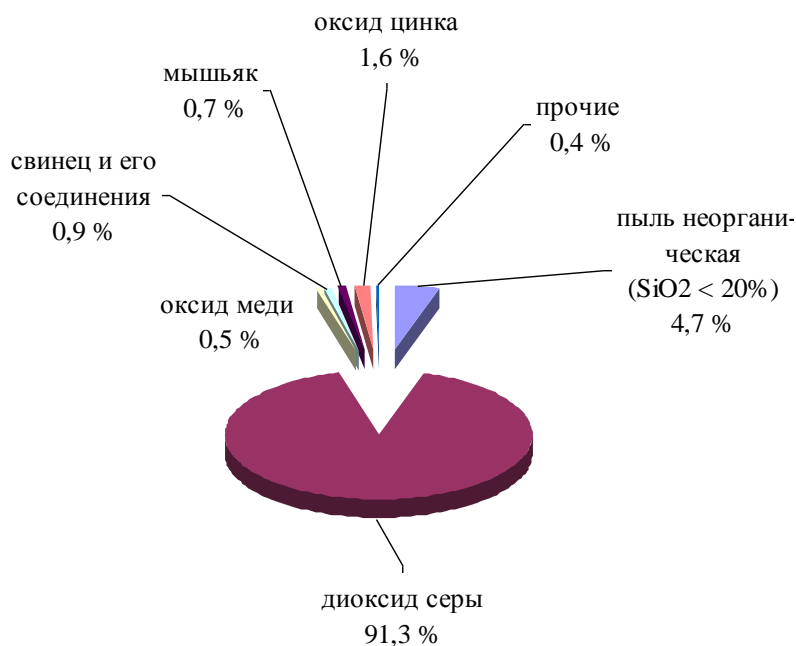


Рис. 4.2. Содержание загрязняющих веществ в валовом выбросе за период с 1907 по 2013 гг.

Специфика токсического эффекта выбросов медеплавильного завода заключается в совместном действии тяжёлых металлов и сернистого ангидрида. Последний, подкисляя среду, увеличивает подвижность, следовательно, и биологическую активность ионов металлов, приводит к резкому усилению их токсического воздействия на биоту (Воробейчик и др., 1994).

#### 4.1.2. Состояние насаждений в окрестностях г. Карабаша

Деградация растительности особенно интенсивно происходила в городе и окрестностях в 50–80-е годы прошлого столетия. С 60-х годов окрестности города Карабаша становятся одним из объектов исследований проблемы негативного воздействия аэротехногенного загрязнения на леса.

Г.С. Макуниной (1978) выделены на территории г. Карабаша следующие 3 зоны с резко различным состоянием почвенно-растительного покрова: 1 – зона нарушенных (эродированных) урочищ, 2 – зона сильноизмененных (слабоэродированных) урочищ и 3 – зона слабоизмененных (неэродированных) урочищ с ареалами внешне неизмененных природно-территориальных комплексов. Критериями

для их выделения являлись степень нарушенности биоты и геомы урочищ.

Зона нарушенных урочищ (площадь 28 км<sup>2</sup>) непосредственно примыкает к цехам, отвалам гранулированного и литого шлака, хвостохранилищам комбината, шахтам с их отвалами пустой породы, железным дорогам и селитебной зоне. Здесь полностью уничтожена коренная биота. Началом этого процесса явилось интенсивное физическое уничтожение леса на склонах и в долине, повлекшее за собой перестройку водного режима урочищ и развитие эрозионных процессов, уничтоживших почвенный покров и обнаживших в привершинных частях склонов глыбово-обломочный покров и корни деревьев, вызвав тем самым их засыхание. Постоянное задымление горного хребта к востоку от комбината практически полностью приостановило восстановление биоты. Лишь изредка встречаются экземпляры вейника и паслена, растущих на сохранившихся или намытых участках гумусового горизонта почв. На перегибах склонов мощность намытого гумусового горизонта может быть значительной (до 80 см). Ранее склоны хребта покрывал сосновый лес, о котором теперь напоминают сохранившиеся на водоразделе почерневшие пни.

Западная граница зоны проходит на расстоянии 1,2 км от комбината по невысокому (на уровне труб комбината) водоразделу. Эта территория также лишена растительности и почвенного покрова, находится под постоянным воздействием выбросов КМК. Но существование биоты в этих условиях возможно, хотя и в угнетенном состоянии, о чем свидетельствуют сохранившиеся на вершинах и склонах невысоких сопок небольшие массивы угнетенных сосен и берез. Сильно поредевшие кроны деревьев, пожелтевшие концы хвои, большое количество сухих ветвей – всё это свидетельствует о значительной техногенной интоксикации.

Зона сильно измененных (слабоэродированных) урочищ (шириной от 1 до 3 км и площадью до 40 км<sup>2</sup>) оконтуривает зону нарушенных урочищ. Она возникла в результате постепенной вырубki леса при расширении площади селитебной зоны и строительстве дорог. Неизбежные при вырубке леса борозды и подъездные дороги положили начало развитию эрозионных процессов на склонах, которые, однако, сдерживаются сохранившейся от вырубok растительностью: березовым лесом с подростом сосны и разнотравно-бруснично-вейниковым живым напочвенным покровом. Места вырубok сосен и лиственниц заросли вторичным березняком. Зона сильно измененных урочищ выделяется на местности развитием мертвопокровного

вторичного березняка высотой 4–8 м. Разреженные кроны берез находятся в 2–3 м от поверхности. Однако если в нижних частях склона подрост практически отсутствует, всюду видны следы плоскостной эрозии и лишь изредка встречаются вейник и папоротник-орляк, то в лучше увлажненной и аэрируемой привершинной части склонов среди березового подраста встречается подрост сосны и ели, а наземный покров представлен более широким видовым спектром. Следует отметить, что на деревьях много сухих ветвей, встречается сухостой и отмечается некроз листвы, т. е. сказывается химическое воздействие дымовых факелов, проходящих над вершинами. Сельхозпродукты в этой зоне загрязнены практически так же интенсивно, как и в опустыненной зоне. Общее снижение геохимического (техногенного) фона в этой зоне, меньшее количество накопленных вредных веществ, относительно более позднее уничтожение хвойных и травянистой растительности позволяет надеяться на более быстрое восстановление растительного покрова естественным путем.

Зона слабо измененных урочищ возникла исключительно в результате техногенного воздействия на окружающую среду токсичных пылегазовых выбросов комбината, поступление которых в природу с расширением производства увеличивается. Внутренняя граница зоны наиболее близка к комбинату (3 км) к западу и юго-западу от него, т. е. в том секторе изучаемой территории, где частота атмосферного загрязнения дымовыми факелами наименьшая. Однако даже минимальное по своей повторяемости периодическое воздействие комбината сказывается на состоянии отдельных элементов растительности вплоть до ее локальной деградации. Кроны деревьев сильно разрежены, хвоя и листва со следами некроза, много сухих ветвей. Нижние части склонов в периоды техногенной интоксикации подвергаются воздействию загрязненных воздушных масс, которые стекают с водораздела и застаиваются под кронами высоких сосен и берез. Из загрязненных атмосферных масс выпадает на почвы огромное количество тяжелых металлов. В этой зоне устойчивость биоты во многом определяется влагообеспеченностью, трофностью местообитания и особенностью аэрации.

Гидроморфные урочища речных долин и озерных котловин, видимо, в результате их быстрой самоочищаемости от привнесенных воздушным путем техногенных веществ, за редким исключением, не несут следов интоксикации. В ландшафте они выделяются вейниковыми березово-ольховыми лесами на лугово-болотных и аллювиальных болотных почвах. Наиболее сильные изменения претерпела долина

реки Сак-Элга, где из-за сильного загрязнения от сбросов отходов обогащения сульфидных руд вообще уничтожена всякая биота. Естественное восстановление растительности в долине реки Сак-Элга и в зоне нарушенных урочищ даже при полной остановке медеплавильного производства невозможно.

При изучении газоустойчивости сосняков, подвергающихся воздействию выбросов Карабашского медеплавильного комбината, М.С. Давыдовой (1982) установлено уменьшение биомассы деревьев, прироста побегов, сокращение возраста хвои сосны. Отмечалось снижение проективного покрытия большинства видов травянистых растений, обеднение видового состава фитоценозов, усиление ксероморфной структуры листьев отдельных видов растений. Выявлено некоторое стимулирующее влияние атмосферного загрязнения на прирост побегов молодых сосен, что проявляется в увеличении линейного прироста ствола и сырой массы веток, массы 1–2-летней хвои, особенно в зоне максимального загрязнения.

Ю.З. Кулагиным (1964, 1974) были проведены исследования лесной растительности в окрестностях медеплавильного завода г. Карабаша. На основе систематических наблюдений им выделено три основные зоны задымления (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Характеристика основных зон  
в окрестностях медеплавильного завода

Показатель	Зона задымления		
	постоянного	периодического	эпизодического
Протяжённость зоны	К северо-востоку, востоку и юго-востоку на 1–2,5 км	К северу, западу и югу до 3 км и к востоку от 2 до 5 км от завода	К северу, западу и югу далее 3 км и к востоку от 5 до 7–8 км от завода
Особенности задымления	От 7–8 до 15–20 сильных (20–30 мг/л/ч) газовых воздействий в течение всей вегетации и ежегодно	1–2 сильных газовых воздействия в среднелетний период вегетации и ежегодно	1–2 сильных газовых воздействия в среднелетний период вегетации и не ежегодно (1 раз в 5–10 лет)
Лесная растительность	Лесная растительность отсутствует	Березняки	Березняки и сосняки

Установлено, что состояние лесной растительности в окрестностях медеплавильного завода находится в прямой зависимости от задымления. В зоне периодического задымления наблюдается интенсивное усыхание сосны, и в то же время в этих условиях древостои берёзы повислой, несмотря на заметные газовые повреждения, характеризовались вполне удовлетворительным состоянием. В зоне эпизодического задымления состояние березняков и сосняков резко улучшается. Успешное произрастание в этих условиях взрослых сосновых древостоев объясняется распространением высококонцентрированных газовых потоков в приземных слоях воздуха (ниже их крон). Выявлено, что в окрестностях медеплавильного завода облесение ближайших склонов весьма успешно осуществляется берёзой повислой, а более удалённых и расположенных к западу – сосной обыкновенной.

Режим задымления оказывает сильное влияние на семенное возобновление берёзы и сосны. Существенным препятствием для семенного возобновления этих видов является эрозия почвы, её смыв с горных склонов и их иссушение. Ю.З. Кулагин дал рекомендацию о необходимости ориентировать лесовосстановительные работы в задымляемых окрестностях медеплавильного завода на содействие естественному семенному возобновлению берёзы повислой, квалифицируя её как главную древесную породу.

В период с 1981 по 1988 гг. группой исследователей – геоботаниками, зоологами, экологами, почвоведом, экономистами и др. – проведена комплексная оценка воздействия Карабашского медеплавильного комбината на окружающую среду (Степанов и др., 1992). Изучены ярусы фитоценоза, исследованы изменения животного населения почв, альгофлора, сообщества мелких млекопитающих. Измерены содержания металлов и сернистых соединений в почве, растительности и атмосферных осадках. Авторами построена зависимость доза – эффект на экосистемном уровне и оценен экономический ущерб от деятельности предприятия.

По свидетельствам литературных источников, с момента последних исследований прошло немало времени, за этот период экологическая ситуация кардинально поменялась. Очевидно, произошло изменение границ зон поражения лесных насаждений. Снижение объёмов выбросов в 90-е годы прошлого столетия в связи с прекращением деятельности медеплавильного предприятия и открытие в 1998 г. ЗАО «Карабашмедь» отразились на состоянии лесных насаждений вокруг г. Карабаша. Это, в свою очередь, и определило актуальность проведённых нами исследований.

#### 4.1.3. Характеристика пробных площадей

В июле 2005 г. нами было проведено рекогносцировочное обследование насаждений, произрастающих в черте г. Карабаша и его окрестностях. Главными лесообразующими породами здесь выступают сосна обыкновенная и берёза повислая. Для растущих в городе деревьев характерны все признаки техногенного воздействия. Склоны гор, находящихся в городской черте, покрыты угнетенным березняком. Отсутствие травянистого покрова здесь объясняется эрозией почв. В пределах городской черты имеются единичные группы сосны обыкновенной V–VII классов возраста, у всех деревьев наблюдаются признаки сильного ослабления: суховершинность, пожелтение хвои, заражённость вредителями. На Золотой горе, расположенной на расстоянии 1 км к востоку от ЗАО «Карабашмедь», почва почти полностью уничтожена, отсутствует как травянистая, так и древесная растительность. Предварительное обследование показало наличие насаждений с преобладанием сосны лишь на удалении 4 км от источника загрязнения. В результате визуальной оценки установлено, что все насаждения, находящиеся на расстоянии до 6 км от источника аэропромвыбросов, имеют признаки техногенного воздействия. В насаждениях, расположенных дальше 6 км, наблюдается улучшение санитарного состояния древостоя, увеличение видового разнообразия живого напочвенного покрова, а также улучшение качественных и количественных показателей подроста и подлеска.

С целью изучения процесса деградации сосновых и берёзовых насаждений на различном удалении от источника промышленных поллютантов нами заложены постоянные пробные площади (ППП) в северо-восточном направлении согласно преобладающим ветрам. Объектами исследования явились берёзняки разнотравно-злаковые в возрасте 40–50 лет и сосняки разнотравно-злаковые в возрасте 70–80 лет. Доля преобладающих пород в составе древостоев составляет семь и более единиц. Ближайшие к ЗАО «Карабашмедь» сосновые насаждения с данными таксационными показателями расположены на расстоянии 4,2 км, а берёзовые – 3,8 км. В насаждениях каждой формации заложено по 10 ППП, расположенных на расстоянии 3,8–17,5 км от источника промышленных поллютантов, что обуславливает охват зон с различной степенью поражения лесных массивов.

Условно-контрольные ППП заложены в северном направлении от ЗАО «Карабашмедь» и удалены на расстояние 31,0 км (берёзовое насаждение) и 32,0 км (сосновое насаждение). ППП приурочены

к пологим склонам увалов в предгорьях и горах с серыми лесными почвами.

Все ППП, включая условно-контрольные, заложены на территории Кыштымского лесничества. Основные таксационные характеристики древостоев ППП представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Таксационная характеристика древостоев ППП

ППП	Расстояние от источника загрязнения, км	Состав	Элементы леса						Ярус			Класс бонитета
			Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Высота, м	Относительная полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
1С	4,2	6,7С	80	20,6	26,9	192	10,95	104	19,4	0,67	158	III
		3,2Б	60	17,0	19,9	198	52,35	53				
		0,1Ос	–	21,0	32,0	2	0,13	1				
		Итого	–	–	–	392	15,97	158				
2С	5,5	9,0С	80	19,9	31,1	326	24,80	241	19,6	1,09	268	III
		1,0Б	50	17,1	20,5	96	3,17	28				
		Итого	–	–	–	422	27,97	268				
3С	5,8	9,9С	80	21,2	31,1	444	33,75	328	21,1	0,83	333	II
		0,1Б	50	13,8	12,2	60	0,70	5				
		Итого	–	–	–	504	34,46	333				
4С	6,6	7,8С	80	19,8	28,4	322	20,36	197	19,6	1,02	255	III
		1,2Б	–	16,8	21,5	95	3,45	31				
		1,0Ос	–	21,3	37,1	23	2,52	27				
		Итого	–	–	–	440	26,33	255				
5С	7,3	9,5С	80	20,4	27,6	563	33,79	325	20,2	0,86	341	III
		0,5Б	55	16,2	18,0	77	1,96	16				
		Итого	–	–	–	640	35,74	341				
6С	8,3	8,2С	80	19,5	23,8	470	20,94	196	19,4	1,00	240	III
		1,0Б	60	17,2	21,4	77,5	2,79	25				
		0,8Лц	–	21,4	44,1	12,5	1,91	19				
		Итого	–	–	–	560	25,64	240				
7С	8,8	7,0С	80	18,6	27,8	277	16,84	163	18,3	0,91	237	III
		3,0Б	70	17,7	24,9	160	7,76	74				
		Итого	–	–	–	437	24,60	237				



Продолжение табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
8С	9,5	6,5С	70	18,6	28,4	277	17,51	170	18,6	1,00	266	II
		3,5Б	50	18,5	28,1	157	9,71	97				
		Итого	—	—	—	434	27,23	266				
9С	13,3	9,5С	80	20,4	27,6	483	28,96	278	20,2	0,74	292	III
		0,5Б	65	16,2	18,0	66	1,68	14				
		Итого	—	—	—	549	30,64	292				
10С	13,8	9,8С	80	20,6	27,7	526	31,63	303	20,5	0,76	310	II
		0,2Б	60	15,7	12,9	66	0,86	7				
		Итого	—	—	—	591	32,48	310				
КС	32,0	8,4С	80	20,3	28,5	463	28,91	283	19,8	0,85	339	II
		1,6Б	—	17,3	23,9	138	5,63	56				
		Итого	—	—	—	600	35	339				
1Б	3,8	9,9Б	50	14,2	15,3	1040	19,22	150	14,2	0,81	151	IV
		0,1С	—	11,9	8,6	32	0,19	1				
		Итого	—	—	—	1072	19,40	151				
2Б	4,7	10Б	50	17,2	23,4	520	22,36	202	17,2	0,85	202	III
		Итого	—	—	—	520	22,36	202				
3Б	4,8	9,2Б	45	13,7	14,1	1044	16,22	123	13,6	0,74	134	III
		0,8С	—	13,1	11,5	133	1,38	11				
		Итого	—	—	—	1178	17,60	134				
4Б	6,4	6,8Б	55	15,8	18,6	676	18,29	160	16,5	1,00	231	III
		3,1С	—	18,2	26,7	130	7,24	70				
		0,1Ос	—	19,5	26,1	6	0,30	1				
		Итого	—	—	—	811	25,83	231				
5Б	6,8	8,5Б	55	17,6	16,9	1027	23,00	191	17,5	1,01	227	III
		1,5С	—	16,9	22,5	93	3,72	35				
		Итого	—	—	—	1120	26,72	227				
6Б	8,5	9,6Б	40	15,0	14,9	1200	21,00	162	15,1	0,91	168	III
		0,1С	—	12,4	9,2	22	0,15	1				
		0,3Е	—	16,6	21,8	17	0,62	6				
		Итого	—	—	—	1239	21,76	168				
7Б	9,1	10,0Б	45	15,1	15,1	1206	21,49	166	15,1	0,90	166	III
		0,0С	—	11,5	8,0	11	0,06	0				
		Итого	—	—	—	1217	21,55	166				
8Б	11,8	8,5Б	45	15,4	13,6	1216	17,67	133	15,4	0,89	156	III
		1,5С	—	15,4	15,0	152	2,67	23				
		Итого	—	—	—	1368	20,34	156				
9Б	13,1	10,0Б	50	19,5	21,5	732	26,47	232	19,5	0,96	233	II
		0,0С	70	16,5	14,1	8	0,13	1				
		Итого	—	—	—	740	26,60	233				

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
10Б	17,5	7,2Б	50	17,8	21,0	540	18,61	167	17,4	0,99	225	III
		2,2С	60	16,5	18,2	212	5,53	50				
		0,6Ос	–	14,7	20,4	44	1,43	8				
		Итого	–	–	–	796	25,57	225				
КБ	31,0	9,5Б	40	16,0	17,9	847	21,23	177	16,2	0,89	187	III
		0,5Лп	–	20,5	30,1	9	0,95	9				
		Итого	–	–	–	856,13	22,18	187				

## 4.2. Влияние аэропромвыбросов на древостой

### 4.2.1. Санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев

Характерными признаками повреждения древостоев промышленными поллютантами являются: суховершинность, наличие сухих ветвей, побурение хвои, пожелтение листьев, изреженность кроны за счет сокращения срока жизни хвои, отставание в росте и т.д.

С целью выявления санитарного состояния древостоя производился сплошной переучёт с определением категории санитарного состояния у каждого дерева на ППП согласно методическим рекомендациям Санитарных правил в лесах Российской Федерации (1998). Распределение элементов древостоя по категориям санитарного состояния проводилось как по густоте, так и по запасу. В табл. 4.4 приведено распределение количества деревьев по категориям санитарного состояния.

Таблица 4.4

Распределение деревьев по породам  
и категориям санитарного состояния на ППП в сосновых насаждениях

ППП	Расстояние от источника выбросов, км	Порода	Густота, шт./га	Распределение деревьев по категориям санитарного состояния, шт./га / %						Средняя категория по элементам леса	Средняя категория санитарного состояния
				1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
1С	4,2	С	193	$\frac{10}{5}$	$\frac{55}{28}$	$\frac{75}{39}$	$\frac{48}{25}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$	2,9	2,6
		Б	200	$\frac{18}{9}$	$\frac{122}{61}$	$\frac{52}{26}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	2,3	

Окончание табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Ос	2	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,0	
2С	5,5	С	326	$\frac{4}{1}$	$\frac{80}{25}$	$\frac{118}{36}$	$\frac{102}{31}$	$\frac{16}{2}$	$\frac{6}{2}$	3,0	2,8
		Б	96	$\frac{34}{35}$	$\frac{42}{44}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6}{6}$	2,1	
3С	5,8	С	444	$\frac{244}{55}$	$\frac{132}{30}$	$\frac{52}{12}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	1,7	1,7
		Б	60	$\frac{44}{73}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{7}$	1,7	
4С	6,6	С	322	$\frac{50}{16}$	$\frac{88}{27}$	$\frac{90}{28}$	$\frac{78}{24}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{0}{0}$	2,8	2,6
		Б	95	$\frac{40}{42}$	$\frac{33}{35}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{7}$	2,1	
		Ос	23	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{10}{43}$	$\frac{8}{36}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{0}{0}$	3,4	
5С	7,3	С	563	$\frac{327}{58}$	$\frac{143}{25}$	$\frac{40}{7}$	$\frac{37}{7}$	$\frac{10}{2}$	$\frac{7}{1}$	1,7	1,8
		Б	77	$\frac{57}{74}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{13}{17}$	2,0	
6С	8,3	С	470	$\frac{133}{28}$	$\frac{175}{37}$	$\frac{78}{16}$	$\frac{70}{15}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{10}{2}$	2,3	2,3
		Б	78	$\frac{33}{42}$	$\frac{25}{32}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{13}$	2,3	
		Лц	13	$\frac{8}{60}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{40}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,8	
7С	9,8	С	277	$\frac{114}{41}$	$\frac{106}{38}$	$\frac{34}{12}$	$\frac{20}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{1}$	1,9	1,9
		Б	160	$\frac{86}{54}$	$\frac{43}{27}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{11}{7}$	2,0	
8С	9,5	С	277	$\frac{134}{48}$	$\frac{89}{32}$	$\frac{34}{12}$	$\frac{17}{6}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{1}$	1,8	1,8
		Б	157	$\frac{89}{56}$	$\frac{49}{31}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{9}{5}$	1,8	
9С	13,3	С	483	$\frac{280}{58}$	$\frac{123}{25}$	$\frac{34}{7}$	$\frac{31}{7}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{6}{1}$	1,7	1,8
		Б	66	$\frac{49}{74}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{11}{17}$	2,0	
10С	13,8	С	526	$\frac{329}{63}$	$\frac{137}{26}$	$\frac{40}{8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{17}{3}$	1,6	1,6
		Б	66	$\frac{51}{78}$	$\frac{11}{17}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,3	
КС	32,0	С	453	$\frac{303}{65}$	$\frac{98}{21}$	$\frac{28}{6}$	$\frac{10}{2}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{15}{3}$	1,6	1,7
		Б	138	$\frac{98}{17}$	$\frac{13}{9}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{18}{13}$	1,9	

Анализируя данные табл. 4.4, можно отметить следующее. В насаждениях, расположенных на расстоянии 4,2 и 5,5 км, преобладают деревья сосны 3-й категории санитарного состояния (сильно ослабленные) – 39 и 35 %, а доля здоровых деревьев составляет 5 и 1 % соответственно, тогда как на условно-контрольной ППП к категории сильно ослабленные отнесено лишь 6 % деревьев сосны. При удалении насаждений от источника поллютантов увеличивается количество здоровых деревьев (1-я категория). Содержание старого сухостоя сосны (деревья 6-й категории) на всех ППП находится на уровне 1–3 % и не зависит от удаления их от источника поллютантов. На условно-контрольной ППП доля здоровых деревьев сосны составляет 65 %, что превышает аналогичное значение в насаждениях на остальных ППП. На ППП 10С, расположенной на расстоянии 13,8 км от источника поллютантов, зафиксировано минимальное значение показателя средней категории санитарного состояния, что свидетельствует о лучшем санитарном состоянии древостоя.

Корреляционный анализ влияния расстояния от источника загрязнения на средневзвешенную категорию санитарного состояния показывает, что имеется обратная значительная связь (коэффициент корреляции  $r = -0,66$ ). Ошибка коэффициента корреляции составляет 0,19. Критерий Стьюдента равен - 3,52, показатели связи достоверны.

Регрессионный анализ позволил выбрать наиболее приемлемое уравнение, описывающее отмеченные закономерности. График зависимости снижения значения средневзвешенного показателя от удаления от источника поллютантов представлен на рис. 4.3.

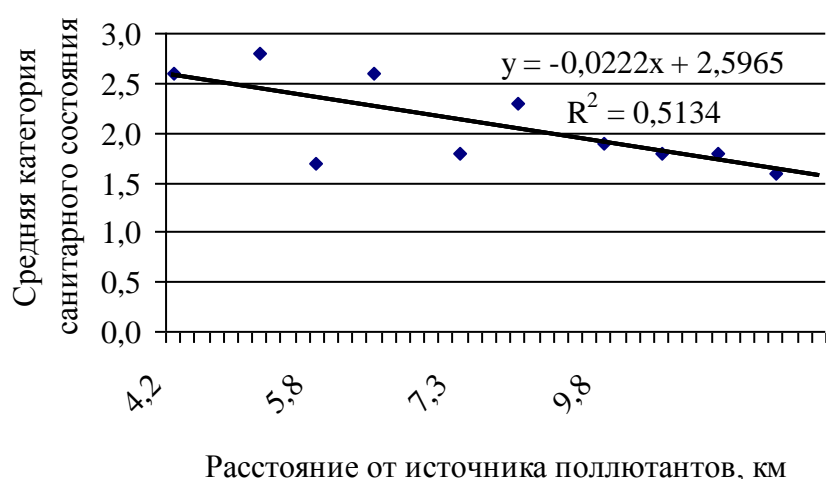


Рис. 4.3. Зависимость средневзвешенной категории санитарного состояния деревьев сосны от расстояния до источника промышленных поллютантов

Зависимость изменения показателей средневзвешенной категории санитарного состояния от источника поллютантов описывается следующим уравнением:

$$y = -0,0222x + 2,5965, \quad (4.1)$$

где  $x$  – расстояние от источника поллютантов, км;

$y$  – средневзвешенная категория санитарного состояния.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,51$ .

Из уравнения (4.1) следует, что с удалением сосновых насаждений на 1 км происходит снижение средневзвешенной категории на 0,02 единицы.

В табл. 4.5 представлены данные распределения запаса древесины по категориям санитарного состояния.

Таблица 4.5

Распределение запаса древесины по породам и категориям санитарного состояния на ППП в сосновых насаждениях

ППП	Расстояние от источника выбросов, км	Порода	Запас, м <sup>3</sup> /га	Распределение деревьев по категориям санитарного состояния, м <sup>3</sup> /га / %						Средняя категория по элементам леса	Средняя категория санитарного состояния
				1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
1С	4,2	С	104	$\frac{6}{5}$	$\frac{25}{24}$	$\frac{38}{37}$	$\frac{34}{32}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	3,0	2,7
		Б	53	$\frac{6}{12}$	$\frac{31}{59}$	$\frac{13}{25}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	2,3	
		Ос	1	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,0	
2С	5,5	С	241	$\frac{1}{1}$	$\frac{41}{17}$	$\frac{94}{39}$	$\frac{95}{40}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{1}{0}$	3,3	3,1
		Б	28	$\frac{9}{32}$	$\frac{15}{53}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{2}$	1,9	
3С	5,8	С	328	$\frac{161}{49}$	$\frac{104}{32}$	$\frac{56}{17}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,7	1,7
		Б	5	$\frac{5}{89}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{4}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{2}$	1,3	
4С	6,6	С	197	$\frac{20}{10}$	$\frac{42}{21}$	$\frac{70}{36}$	$\frac{59}{30}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{0}{0}$	3,0	2,8
		Б	31	$\frac{13}{40}$	$\frac{13}{41}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{6}$	2,0	
		Ос	16	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{11}{41}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{0}{0}$	1,9	

Окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5С	7,3	С	325	$\frac{156}{48}$	$\frac{99}{31}$	$\frac{40}{12}$	$\frac{20}{6}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{1}{0}$	1,9	1,8
		Б	16	$\frac{14}{89}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{7}$	1,5	
6С	8,3	С	196	$\frac{5}{25}$	$\frac{8}{39}$	$\frac{4}{20}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,3	2,2
		Б	25	$\frac{1}{49}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{0}{14}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{3}$	1,8	
		Лц	19	$\frac{1}{48}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{52}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,0	
7С	9,8	С	163	$\frac{47}{29}$	$\frac{61}{38}$	$\frac{35}{22}$	$\frac{19}{12}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,2	2,0
		Б	74	$\frac{45}{61}$	$\frac{25}{33}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	1,5	
8С	9,5	С	170	$\frac{48}{28}$	$\frac{65}{38}$	$\frac{33}{19}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,2	2,0
		Б	97	$\frac{49}{51}$	$\frac{46}{48}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,5	
9С	13,3	С	278	$\frac{134}{48}$	$\frac{85}{31}$	$\frac{34}{12}$	$\frac{17}{6}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{1}{0}$	1,9	1,8
		Б	14	$\frac{12}{89}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{7}$	1,5	
10С	13,8	С	303	$\frac{182}{60}$	$\frac{90}{30}$	$\frac{27}{9}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{1}$	1,5	1,5
		Б	7	$\frac{4}{54}$	$\frac{3}{45}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,5	
КС	32,0	С	296	$\frac{199}{70}$	$\frac{58}{20}$	$\frac{28}{5}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{5}{1}$	1,5	1,6
		Б	56	$\frac{39}{70}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{8}$	1,8	

Распределения деревьев на категории санитарного состояния по запасу и по густоте несколько различны.

На рис. 4.4 представлено распределение общего запаса древостоя по категориям санитарного состояния деревьев на ППП, заложенных в сосновых насаждениях.

Полученные данные свидетельствуют, что с удалением от источника промышленных поллютантов в сосновых насаждениях снижается значение средней категории санитарного состояния древостоя.

На ППП в березняках, как и в сосняках, выполнено распределение количества деревьев и запаса по категориям санитарного состояния (табл. 4.6 и 4.7). Данные свидетельствуют, что полученные пока-

затели значения средневзвешенной категории санитарного состояния по запасу несколько ниже, чем по густоте.

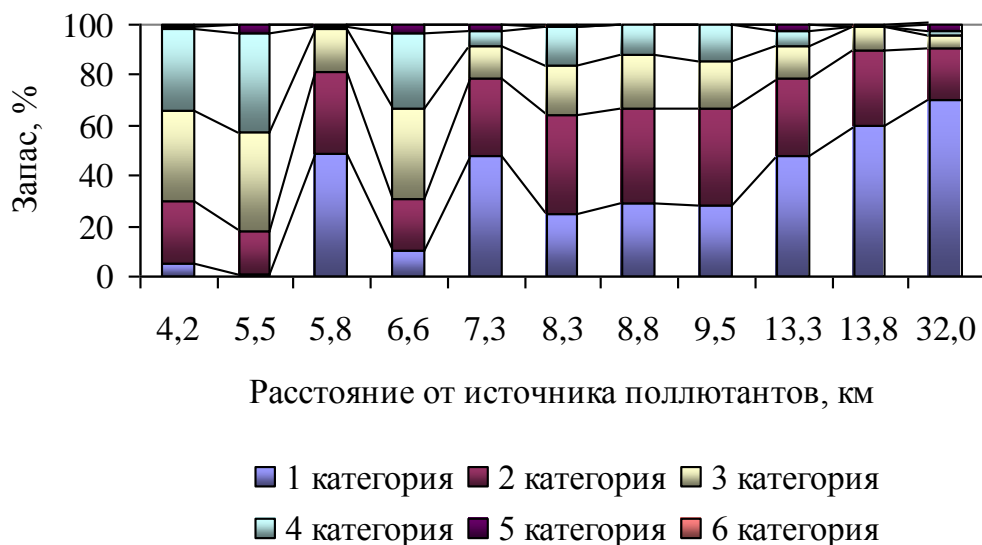


Рис. 4.4. Распределение запаса деревьев сосны по категориям санитарного состояния в сосняках

Таблица 4.6

Распределение деревьев по породам и категориям санитарного состояния на ППП в берёзовых насаждениях

ППП	Расстояние от источника выбросов, км	Порода	Густота, шт./га	Распределение деревьев по категориям санитарного состояния, шт./га / %						Средняя категория по элементам леса	Средняя категория санитарного состояния
				1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
1Б	3,8	Б	1040	$\frac{0}{0}$	$\frac{368}{35}$	$\frac{240}{23}$	$\frac{332}{32}$	$\frac{20}{2}$	$\frac{80}{8}$	3,2	3,2
		С	32	$\frac{0}{0}$	$\frac{24}{75}$	$\frac{8}{25}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,3	
2Б	4,7	Б	520	$\frac{103}{20}$	$\frac{240}{46}$	$\frac{69}{13}$	$\frac{29}{5}$	$\frac{26}{5}$	$\frac{54}{10}$	2,6	2,6
3Б	4,8	Б	1044	$\frac{150}{14}$	$\frac{572}{55}$	$\frac{178}{17}$	$\frac{67}{6}$	$\frac{28}{3}$	$\frac{50}{5}$	2,4	2,4
		С	133	$\frac{0}{0}$	$\frac{83}{63}$	$\frac{33}{25}$	$\frac{17}{13}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,5	
4Б	6,4	Б	676	$\frac{304}{45}$	$\frac{172}{25}$	$\frac{79}{12}$	$\frac{70}{10}$	$\frac{14}{2}$	$\frac{37}{5}$	2,2	2,2
		С	130	$\frac{23}{17}$	$\frac{56}{43}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{37}{28}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,5	

Окончание табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5Б	6,8	Б	1027	$\frac{560}{55}$	$\frac{204}{20}$	$\frac{93}{9}$	$\frac{13}{1}$	$\frac{22}{2}$	$\frac{133}{13}$	2,2	2,1
		С	93	$\frac{36}{38}$	$\frac{27}{29}$	$\frac{27}{29}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,0	
6Б	8,5	Б	1200	$\frac{500}{42}$	$\frac{444}{37}$	$\frac{128}{11}$	$\frac{28}{2}$	$\frac{28}{2}$	$\frac{72}{6}$	2,0	2,1
		С	22	$\frac{11}{50}$	$\frac{11}{50}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,5	
		Е	17	$\frac{0}{0}$	$\frac{6}{33}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6}{33}$	$\frac{6}{33}$	$\frac{0}{0}$	3,7	
7Б	9,1	Б	1206	$\frac{544}{45}$	$\frac{417}{35}$	$\frac{122}{10}$	$\frac{33}{3}$	$\frac{28}{2}$	$\frac{61}{5}$	2,0	2,0
		С	11	$\frac{6}{50}$	$\frac{6}{50}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,5	
8Б	11,8	Б	1216	$\frac{768}{63}$	$\frac{240}{20}$	$\frac{20}{2}$	$\frac{28}{2}$	$\frac{24}{2}$	$\frac{136}{11}$	1,9	1,9
		С	152	$\frac{116}{76}$	$\frac{24}{16}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{0}{0}$	1,4	
9Б	13,1	Б	732	$\frac{460}{63}$	$\frac{148}{20}$	$\frac{44}{6}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{72}{10}$	1,9	1,8
		С	8	$\frac{8}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,0	
10Б	17,5	Б	540	$\frac{404}{75}$	$\frac{68}{13}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{48}{9}$	1,7	1,7
		С	212	$\frac{120}{57}$	$\frac{48}{23}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{12}{6}$	$\frac{8}{4}$	1,9	
		Ос	44	$\frac{28}{64}$	$\frac{12}{27}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{9}$	1,7	
КБ	31,0	Б	847	$\frac{513}{61}$	$\frac{193}{23}$	$\frac{33}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{100}{12}$	1,9	1,9

Таблица 4.7

Распределение запаса древостоев по породам и категориям санитарного состояния на ППП в берёзовых насаждениях

ППП	Расстояние от источника выбросов, км	Порода	Запас, м <sup>3</sup> /га	Распределение деревьев по категориям санитарного состояния, м <sup>3</sup> /га / %						Средняя категория по элементам леса	Средняя категория санитарного состояния
				1	2	3	4	5	6		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
1Б	3,8	Б	150	$\frac{0}{0}$	$\frac{49}{33}$	$\frac{33}{22}$	$\frac{62}{41}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{4}$	3,2	3,2



Окончание табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1Б		С	1	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,2	3,2
2Б	4,7	Б	202	$\frac{34}{17}$	$\frac{110}{55}$	$\frac{33}{16}$	$\frac{11}{6}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{10}{5}$	2,4	2,4
3Б	4,8	Б	123	$\frac{17}{13}$	$\frac{77}{62}$	$\frac{22}{18}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	2,2	2,3
		С	11	$\frac{0}{0}$	$\frac{4}{35}$	$\frac{2}{19}$	$\frac{5}{46}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	3,1	
4Б	6,4	Б	160	$\frac{55}{34}$	$\frac{57}{35}$	$\frac{25}{16}$	$\frac{19}{12}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	2,1	2,4
		С	70	$\frac{17}{24}$	$\frac{12}{17}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{37}{53}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,9	
5Б	6,8	Б	191	$\frac{105}{55}$	$\frac{46}{24}$	$\frac{24}{13}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{14}{7}$	1,9	2,0
		С	35	$\frac{8}{22}$	$\frac{9}{25}$	$\frac{18}{51}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	2,3	
6Б	8,5	Б	162	$\frac{68}{42}$	$\frac{69}{42}$	$\frac{19}{11}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	1,8	1,9
		С	1	$\frac{1}{67}$	$\frac{0}{33}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,3	
		Е	6	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{3}{57}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{0}{0}$	4,3	
7Б	9,1	Б	166	$\frac{77}{47}$	$\frac{64}{39}$	$\frac{17}{10}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	1,8	1,8
		С	0	$\frac{0}{50}$	$\frac{0}{50}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,5	
8Б	11,8	Б	133	$\frac{85}{64}$	$\frac{39}{29}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{5}{4}$	1,6	1,5
		С	23	$\frac{18}{81}$	$\frac{4}{18}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	1,2	
9Б	13,1	Б	232	$\frac{149}{64}$	$\frac{60}{26}$	$\frac{17}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{5}{2}$	1,5	1,5
		С	1	$\frac{1}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	1,0	
10Б	17,5	Б	167	$\frac{129}{78}$	$\frac{30}{18}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	1,3	1,4
		С	50	$\frac{27}{54}$	$\frac{16}{31}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{2}$	1,7	
		Ос	8	$\frac{5}{66}$	$\frac{2}{30}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{4}$	1,5	
КБ	31,0	Б	177	$\frac{101}{57}$	$\frac{62}{35}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{7}{4}$	1,6	1,6

В берёзовых насаждениях, находящихся на расстоянии до 4 км от ЗАО «Карабашмедь», здоровые деревья отсутствуют. Основная доля деревьев в насаждениях на расстоянии до 6 км принадлежит к категории

ослабленные. В насаждении, находящимся на расстоянии 6,4 км от источника поллютантов (ППП 4Б), преобладают деревья 1-й и 2-й категорий санитарного состояния. В древостоях, удалённых на большее расстояние, основное количество деревьев отнесено к категории здоровые, их доля колеблется в пределах 42–75 %. Количество сухостойных деревьев берёзы (6-я категория) на всех ППП варьирует в пределах 4–13 % по густоте и 2–7 % по запасу. Последнее свидетельствует, что в отпад переходят преимущественно отставшие в росте деревья. Максимальный запас усыхающих деревьев берёзы отмечается на ППП 1Б, наиболее приближённой к источнику поллютантов, – 41 %, тогда как на условно-контрольной ППП деревья этой категории полностью отсутствуют.

Значения показателя средневзвешенной категории санитарного состояния имеют тенденцию к увеличению с приближением насаждений к источнику поллютантов (рис. 4.5).

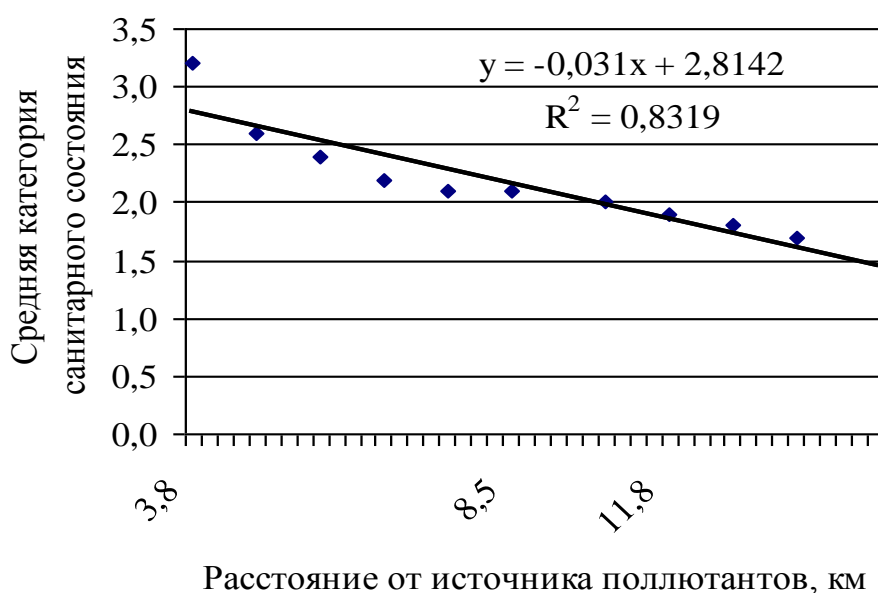


Рис. 4.5. Зависимость значения средневзвешенной категории санитарного состояния деревьев берёзы от расстояния до источника промышленных поллютантов

С помощью регрессионного анализа выбрано линейное уравнение, описывающее зависимость средневзвешенной категории санитарного состояния от расстояния до источника промышленных выбросов:

$$y = -0,031x + 2,8142, \quad (4.2)$$

где  $x$  – расстояние от источника поллютантов, км;

$y$  – средневзвешенная категория санитарного состояния.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,83$ .

Уравнение (4.2) показывает, что с удалением берёзовых насаждений от источника поллютантов на 1 км происходит снижение средневзвешенного показателя санитарного состояния на 0,03 единицы.

Коэффициент корреляции  $r = -0,82$  свидетельствует о высокой тесноте обратной связи между двумя признаками. Ошибка коэффициента корреляции составляет 0,11. Критерий Стьюдента равен  $-7,58$ , что свидетельствует о достоверности показателей связи.

На рис. 4.6 наглядно показано распределение запаса берёзовых насаждений по категориям санитарного состояния.

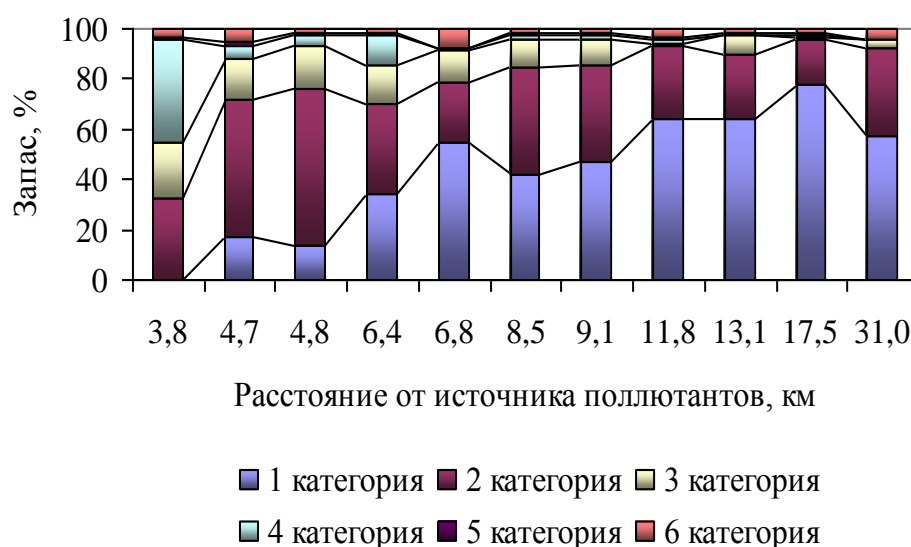


Рис. 4.6. Распределение запаса деревьев берёзы по категориям санитарного состояния в березняках

Проведена оценка древостоев по шкале ослабленности согласно показателю средневзвешенной категории состояния (Ковалёв, 1993). Насаждения по этой шкале подразделяются на здоровые, если средняя категория санитарного состояния равна 1,0–1,5, ослабленные, если она равна 1,6–2,5, и на сильно ослабленные – 2,6–3,5. В соответствии с ней и с вычисленными средними показателями санитарного состояния (распределением по густоте) древостои ни одной из пробных площадей нельзя отнести к здоровым. Последнее позволяет отнести ППП КС (32,0 км) и ППП КБ (31,0 км) к условно-контрольным, или фоновым. Границей перехода древостоев из категории сильно ослабленные в ослабленные является расстояние 5–6 км. Особо следует отметить, что деревья сосны, произрастающие в березняках, и деревья берёзы, произрастающие в сосняках, характеризуются лучшими показателями санитарного состояния по сравнению с таковыми,

произрастающими в чистых насаждениях. Следовательно, можно предположить, что смешанные насаждения более устойчивы к промышленным поллютантам, чем чистые.

#### 4.2.2. Радиальный прирост деревьев сосны обыкновенной

Изменчивость ширины годичного кольца у деревьев зависит от ряда причин как внутреннего (генетического), так и внешнего (фитоценотических, эдафических, климатических, гелиофизических и других факторов) происхождения (Ловелиус, 1979). Установлен ряд зависимостей между колебаниями климата и изменчивостью радиального прироста (Молчанов, Смирнов, 1967; Мелехов, 1979; Мазепа, 1982; Павлов, 2006). Значение одного и того же климатического показателя и его влияния на годичный прирост неоднозначно не только в различных географических районах, но и в эдафических условиях. Влияние климатических факторов проявляется по-разному с учётом элементов рельефа и типов леса (Розенберг, Феклистов, 1981; Смоляк и др., 1986; Павлов, 2006). С.Г. Шиятовым (1986) установлен высокий коэффициент корреляции между средней температурой лета и приростом. При этом с продвижением от Северного Урала к Южному он снижается. Связи между индексами прироста и осадками за гидрологический год не обнаружено.

Установлена связь между приростом дерева и показателями солнечной активности (Ловелиус, 1979; Полюшкин, Рыжкова, 1979; Назаров, Рябошапка, 1985). Н.В. Ловелиус (1979) определил, что изменение режима лучистой энергии является значимым для прироста деревьев в южной тайге.

В зоне техногенной нагрузки значительно сокращаются продолжительность периода камбиальной активности и радиальный прирост древесины. Разрушается типичная структура годичных колец древесины и теряются диагностические признаки, характерные для древесины определённого вида (Лобжанидзе и др., 2001; Павлов, 2006).

Одной из общих характерных особенностей динамики радиального прироста является чёткая зависимость значений показателя от возраста дерева. Во многих случаях эта связь оказывается более тесной с диаметром дерева. Начиная с конца этапа жердняка, происходит естественное снижение прироста, которое далее не прекращается до завершающей сенильной фазы развития древостоя. Наличие естественного снижения прироста с возрастом затрудняет определение степени влияния привнесённых факторов. Важное место в исследованиях древостоев заняло изучение среднепериодических (за 5 лет)

радиальных приростов. Использование пятилетних периодов открывает возможность более тонкого анализа последствий загрязнения среды (Цветков В., Цветков И., 2003).

По данным многофакторного анализа для районов средней подзоны тайги приближение к источникам аэротехногенных выбросов не приводит к значимому сокращению радиального прироста сосны (Щекалев, Тарханов, 2006). При сильном загрязнении атмосферы выбросами металлургического предприятия и неблагоприятных условиях увлажнения происходит снижение радиального прироста ели в 2–5 раз, сосны – до 9 раз (Арсеньева, Чавчавадзе, 2001).

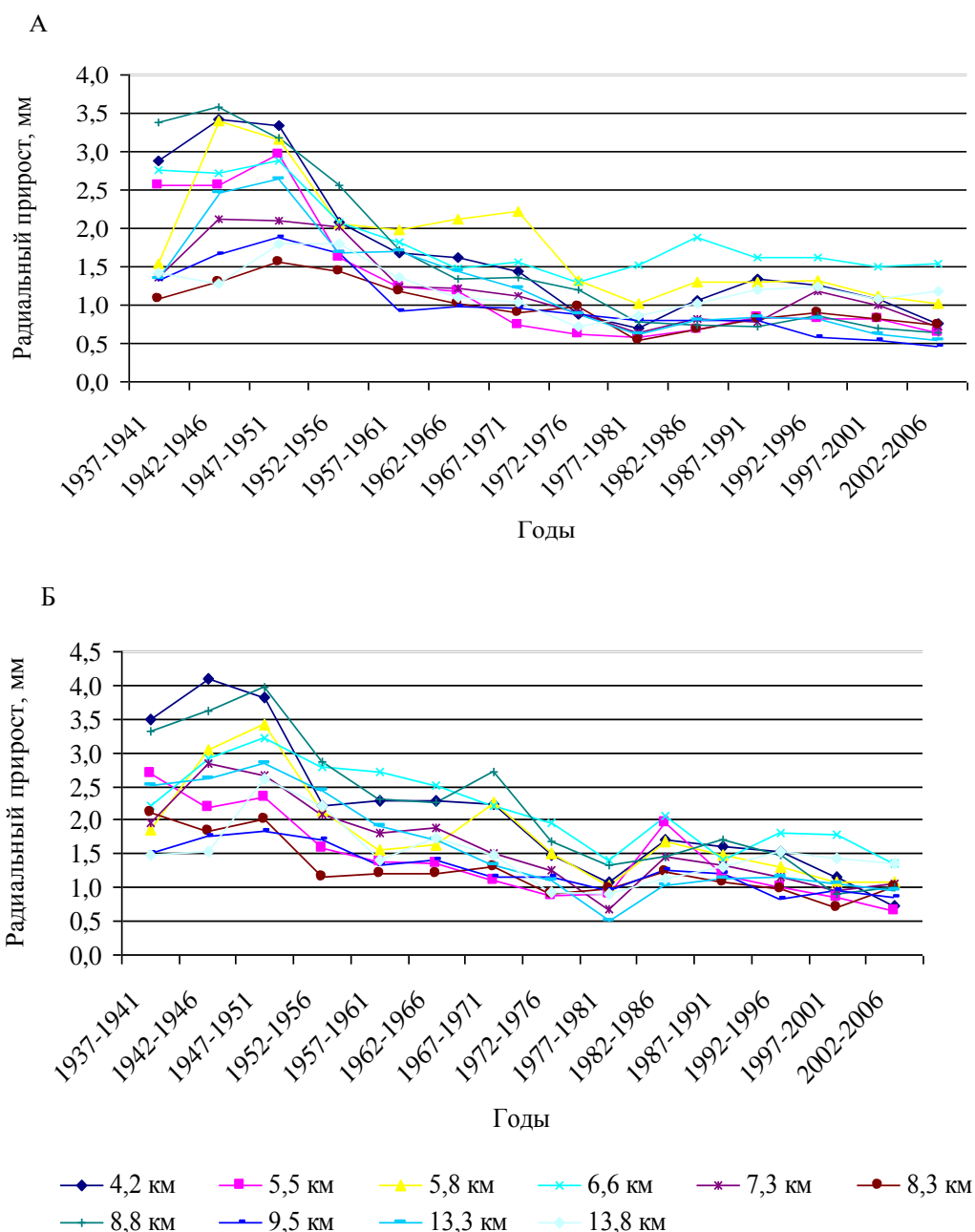
Многими исследователями подчёркивается важность радиального прироста как индикатора загрязнения лесных сообществ, поскольку наблюдается тенденция снижения его величины и изменения соотношения ранней и поздней древесины в годичном кольце по мере увеличения техногенной нагрузки (Алексеев, 1993; Малеев, Разин, 1993, Таранков, Матвеев, 1994). В целом ход падения можно разделить на буферную стадию (прирост мало реагирует на ухудшение состояния), стадию максимальной реакции и стадию замедления, т.е. угасания падения (Ярмишко, 1997; Щекалев, Тарханов, 2006).

Есть данные о положительном влиянии загрязнения на радиальный прирост. Так, в зоне среднего уровня промышленного загрязнения в окрестностях медно-никелевого комбината «Североникель» отмечалось увеличение радиального прироста сосны обыкновенной по сравнению с фоновыми условиями (Ярмишко, 1997). А.В. Пугачевским с соавторами (2001) было установлено, что в первые годы после пуска Новополоцкого нефтепромышленного комплекса (Беларусь) и после снижения объёмов выбросов до 100–160 тыс. т в год радиальный прирост в еловых древостоях увеличивался до 15 % по сравнению с таковым на незагрязнённых территориях.

Согласно Н.В. Третьякову и др. (1965) закономерное распределение деревьев элемента леса по толщине выражено в определенной амплитуде колебания между самыми тонкими и толстыми деревьями в зависимости от величины среднего диаметра ( $dm$ ). Если  $dm$  принять равным единице, то самые тонкие деревья будут равны примерно 0,4 от  $dm$ , а толстые – примерно 1,7 от  $dm$ . Нами исследовались радиальные приросты средних и толстых деревьев сосны.

Анализ среднепериодических радиальных пятилетних приростов деревьев сосны, растущих на различном удалении от источника поллютантов, показал наличие синхронности в изменении их величины с возрастом. Об этом свидетельствуют высокие средние значения коэффициентов корреляции: 0,82 – для деревьев средней толщины и

0,81 – для толстых деревьев. Синхронность динамики радиальных приростов, по нашему мнению, в основном обуславливают метеорологические условия и возраст дерева. Согласно Г.Л. Кравченко (1972) максимум текущих приростов сосны по диаметру наблюдается в среднем в 50–70 лет, что подтверждается полученными нами данными. На рис. 4.7 представлены полученные значения среднего периодического радиального прироста по 5-летним периодам деревьев сосны, произрастающих на различном удалении от источника загрязнения.



Корреляционный анализ величин среднего пятилетнего радиального прироста сосны средней и крупной категорий толщины, произрастающей на различном удалении от источника поллютантов, показал наличие достоверной тесной связи (коэффициент корреляции – 0,91, при доверительном уровне 99,9 % вычисленное значение критерия Стьюдента  $t$  превышает табличное на 11,21). Следовательно, происходит закономерное изменение радиальных приростов по годам у деревьев разного возраста.

Анализируя полученные данные, необходимо отметить, что тенденции увеличения среднего периодического радиального прироста сосны с удалением насаждений от источника поллютантов не выявлено. Следовательно, этот фактор не вносит особый вклад в течение ростовых процессов, а на снижение интенсивности прироста, возможно, оказывают влияние почвенно-грунтовые условия, рельеф, внутривидовая конкуренция и т.д.

Содержание поздней древесины является важнейшим фактором, влияющим на плотность древесины. Плотность поздней древесины (в абсолютно сухом состоянии) превышает плотность ранней у сосны обыкновенной в 2,4–3,0 раза, т. е. увеличение процента поздней древесины приводит к увеличению общей плотности (Уголев, 2001; Щекалев, Тарханов, 2006). В насаждениях, испытывающих длительное техногенное воздействие, происходит увеличение процента поздней древесины главным образом за счёт снижения ранней. В литературе отмечено и уменьшение поздней зоны годичного прироста при приближении к источникам загрязнения. Была также отмечена синхронность трендов ранней, поздней древесины и всего годичного кольца в целом, что закономерно приводит к постепенному увеличению общей плотности древесины (Щекалев, Тарханов, 2006; Федотов, 1984; Seth Chaman Lai, Bala Madhu, 1988; Zlou Zhichun et al., 1988).

Нами установлено, что содержание поздней древесины варьирует в пределах 27,6–37,9 % (средние деревья) и 31,4–37,6 % (крупные деревья).

Сравнение средних арифметических значений процентного содержания поздней древесины сосен, произрастающих на различном удалении от источника поллютантов, показало отсутствие достоверных различий между ними. Во всех сравниваемых выборках при доверительном уровне 95 % вычисленное значение критерия Стьюдента меньше табличного. Показатели содержания поздней древесины деревьев сосны, произрастающих на различном удалении от источника промышленных поллютантов, представлены в виде графика на рис. 4.8.



Рис. 4.8. Зависимость содержания поздней древесины в годичном кольце от расстояния до источника загрязнителей в сосняках разнотравно-злаковых

### 4.3. Влияние аэропромвыбросов на подрост и подлесок

#### 4.3.1. Количественные и качественные показатели подроста

Подрост – это молодое поколение древесных растений, способных заменить древостой в случае гибели последнего (Луганский и др., 1996), поэтому изучение количественных и качественных показателей подроста является весьма важным.

В научной литературе имеется большое количество работ по исследованию воздействия промышленных загрязнителей на ход естественного возобновления. Это воздействие неоднозначно. С одной стороны, в результате увеличения мощности лесной подстилки, снижения интенсивности семяношения, а также токсичности почвы и других неблагоприятных факторов аэротехногенного загрязнения происходит спад активности естественного возобновления. С другой стороны, в результате угнетения древесного яруса и снижения полноты древостоя возможно улучшение условий накопления подроста под пологом леса.



Д.В. Весёлкиным (2004) отмечается первоначальное улучшение лесовозобновления, связанное с техногенным ослаблением фитоцено- тического пресса, а дальнейшее подавление лесовозобновления при высокой интенсивности загрязнения объясняется возрастанием токсичности почвы вследствие накопления в ней высоких концентраций тяжелых металлов.

Состояние естественного возобновления нами было исследовано в северо-восточном направлении от медеплавильного предприятия ЗАО «Карабашмедь» на ППП в сосняках и березняках разнотравно- злаковых, расположенных на различном удалении от источника загрязнения. Для выяснения состояния возобновления на постоянных пробных площадях закладывались по 15 учётных площадок площадью 4 м<sup>2</sup> каждая. У всех экземпляров подроста отмечалась порода, высота и состояние (Побединский, 1966). Учёт всходов (растения в возрасте 1–2 года) производился отдельно. Вычислена средняя высота подроста. Определены встречаемость, а также процентное содержание жизнеспособного подроста каждой породы.

В исследуемых сосновых и березовых насаждениях на ППП подрост представлен следующими породами: сосна обыкновенная, березы повислая и пушистая, ель обыкновенная, пихта сибирская, осина, лиственница Сукачева. Характерными внешними признаками повреждения, вызванными воздействием промышленных поллютантов, являются побурение хвои, пожелтение листьев, ажурность кроны.

Характеристика естественного возобновления на исследуемых ППП приведена в табл. 4.8.

Наглядное представление о количестве жизнеспособного подроста в насаждениях на разном удалении от источника промышленных поллютантов позволяет получить рис. 4.9. Полученные данные свидетельствуют, что на всех ППП в насаждениях сосновой формации присутствует подрост сосны и берёзы. Кроме того, в насаждениях, находящихся на расстоянии далее 7 км, встречается подрост ели в количестве 0,2–0,5 тыс. шт./га. Доля жизнеспособного подроста на ППП 1С (4,2 км) составляет 60 %. Доля жизнеспособного подроста на ППП 2С (5,5 км) – 55 % при его количестве 6,3 тыс. шт./га. При повышении доли жизнеспособного подроста на ППП 3С (5,8 км) до 86 % и количества всходов до 14 тыс. шт./га увеличивается и густота жизнеспособного подроста до 30,4 тыс. шт./га.

Отсутствие всходов на ППП 7С (8,8 км) и ППП 8С (9,5 км) объясняется наличием на этих пробных площадях сильно развитого живого напочвенного покрова и задернелостью почвы. ППП 2С (5,5 км),

ППП 3С (5,8 км) и ППП 9С (13,3 км) характеризуются 100 %-ной встречаемостью подроста, и, кроме того, на ППП 9С (13,3 км) отмечается максимальное по сравнению с другими ППП количество всходов сосны.

Таблица 4.8

Количественные и качественные показатели подроста  
в сосняках и березняках на ППП

ППП	Расстояние от источника поллютантов, км	Порода	Всходы, шт./га	Густота жизнеспособного подроста, шт.	Средняя высота жизнеспособного подроста, м	Встречаемость, %	Доля жизнеспособного подроста, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1С	4,2	С	333	5083	0,7	87	79
		Б	0	4667	0,9		47
		Итого	333	9710	0,8		60
2С	5,5	С	9833	2917	0,4	100	40
		Б	833	2167	0,8		75
		Ос	0	1251	0,5		70
		Итого	10667	6334	0,6		55
3С	5,8	С	14000	23416	1,0	100	85
		Б	0	6000	1,1		85
		Ос	0	1000	0,3		100
		Итого	14000	30416	1,0		86
4С	6,6	С	11668	15000	0,7	93	89
		Б	3583,5	0	1,1		47
		Ос	1667	0	1,1		61
		Итого	16917	15000	0,8		75
5С	7,3	С	4333	6583	1,1	93	76
		Б	0	2585	1,4		59
		Ос	0	334	1,3		100
		Ель	0	167	1,8		100
		Итого	4333	9667	1,1		72
6С	8,3	С	12500	10667	0,6	93	71
		Б	0	167	0,3		100
		Ос	0	167	0,3		100
		Ель	0	501	1,3		100
		Итого	12500	11500	0,6		73
7С	8,8	С	0	4250	0,9	80	63
		Б	0	1084	1,6		44
		Ос	0	333	0,8		100
		Ель	0	333	1,8		67
		Итого	0	6001	1,0		61

Продолжение табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
8С	9,5	С	0	5084	1,7	80	67
		Б	0	167	0,3		100
		Итого	0	5251	1,6		68
9С	13,3	С	20333	10500	0,6	100	73
		Б	0	4167	1,2		62
		Ель	0	334	1,5		100
		Итого	20333	15001	0,8		70
10С	13,8	С	8167	1666	0,5	87	53
		Б	0	2751	1,5		80
		Ос	1333	667	1,0		80
		Итого	9500	5084	1,1		70
КС	32,0	С	0	333	0,8	87	100
		Е, П	0	251	1,8		75
		Б	0	3491	0,8		80
		Итого	0	4085	0,9		84
2Б	4,7	С	167	417	0,3	20	67
		Б	0	84	0,3		0
		Итого	167	500	0,3		50
3Б	4,8	С	0	2667	1,7	67	88
		Б	0	334	0,8		33
		Ос	0	333	0,3		100
		Ель	0	167	0,8		0
		Итого	0	3500	1,4		75
4Б	6,4	С	0	7167	1,7	87	82
		Б	0	833	1,6		64
		Ос	0	833	1,0		0
		Итого	0	8834	1,6		76
5Б	6,8	С	5500	5834	0,5	93	40
		Ос	167	1751	1,2		17
		П	0	84	1,8		67
		Итого	5667	7668	0,7		38
6Б	8,5	С	0	5167	1,7	87	94
		Б/Ос	0	167	0,8		50
		Лц	0	501	1,1		100
		Ель/П	0	833	1,3		100
		Итого	0	6668	1,5		93
7Б	9,1	С	0	5834	1,4	87	96
		Б	0	2334	1,2		73
		Итого	0	8168	1,3		85
8Б	11,8	С	0	3751	1,1	87	96
		Б	0	2417	1,2		53
		Ель	0	334	1,3		67
		Итого	0	6501	1,2		76
9Б	13,1	С	0	1333	1,0	67	100
		Б	0	2334	1,4		76
		Ос	0	667	1,7		60
		Итого	0	4335	1,3		80

Окончание табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
10Б	17,5	С	0	2084	1,3	93	92
		Ос	167	2083	1,3		73
		Итого	167	4166	1,3		82
КБ	31,0	С+Лц	0	834	0,8	87	100
		Б	0	500	1,4		100
		Ель	667	751	1,2		90
		П	0	1167	1,0		90
		Итого	667	3252	1,1		95

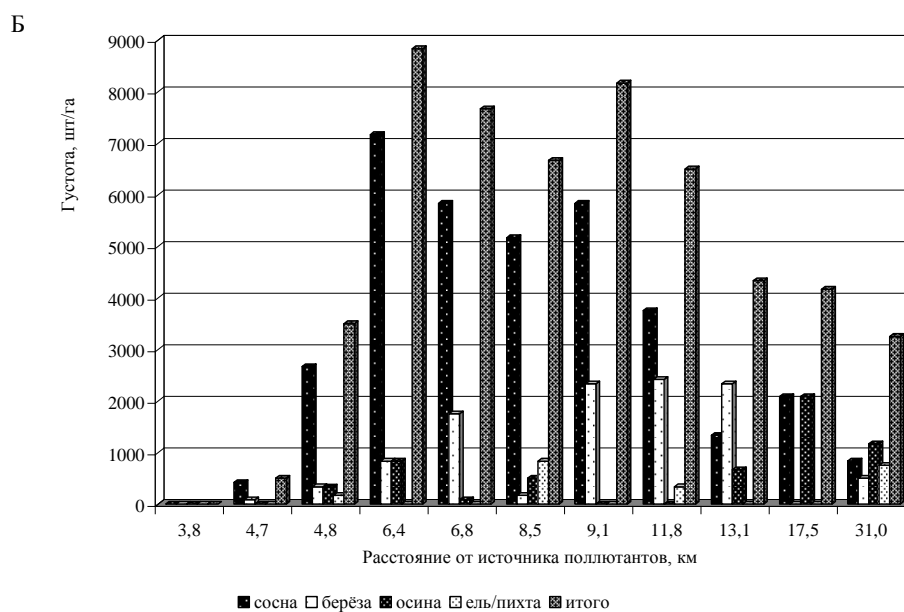
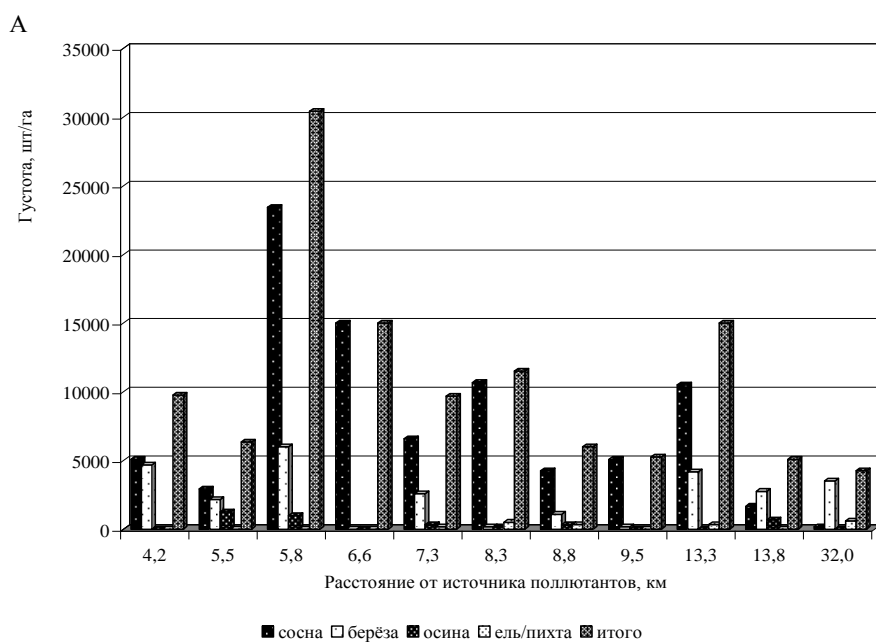


Рис. 4.9. Количество жизнеспособного подроста в сосновых (А) и березовых (Б) насаждениях на ППП, расположенных на различном удалении от ЗАО «Карабашмедь»

Почти на всех ППП присутствует подрост осины высотой 0,3–1,3 м с долей жизнеспособного более 61 %. На условно-контрольной ППП, помимо берёзы повислой, произрастающей на всех ППП, в подросте наблюдаются экземпляры берёзы пушистой.

В составе подроста почти на всех ППП в берёзовых насаждениях преобладает сосна обыкновенная. На ППП 9Б (11,8 км) преобладает подрост берёзы (2,3 тыс. шт./га), густота подроста осины здесь составляет 0,7 тыс. шт./га, а сосны – 1,3 тыс. шт./га. На ППП 6Б (8,5 км) в составе подроста имеются жизнеспособные экземпляры лиственницы в количестве 0,5 тыс. шт./га. Подверженная эрозии почва и слабое развитие живого напочвенного покрова и подлеска определяют значительную густоту всходов сосны обыкновенной на ППП 3Б (6,8 км) – 5,5 тыс. шт./га. На ППП 5Б (6,8 км) имеется подрост пихты (84 шт./га), но все её экземпляры нежизнеспособны. На ППП 6Б, находящейся на расстоянии 8,5 км от источника промышленных поллютантов, доля жизнеспособного подроста пихты (833 шт./га) составляет 100 %. На расстоянии более 6,5 км от источника аэропромвыбросов подрост сосны обыкновенной представлен преимущественно жизнеспособными экземплярами, на долю которых приходится более 90 %. На условно-контрольной ППП естественное возобновление представлено шестью породами: сосной, лиственницей, берёзой, пихтой, елью и осинкой, с общим количеством жизнеспособного подроста 3252 шт./га. Меньшей густотой жизнеспособного подроста характеризуются только берёзняки, находящиеся на расстоянии до 5 км от источника промышленных поллютантов. В насаждении, расположенном на расстоянии 4,7 км, встречаются только экземпляры подроста высотой до 0,5 м, причём здесь отмечается наименьшая встречаемость – 20 %. Объяснением значительного количества подроста могут служить снижение аэропромвыбросов в 90-е годы и, следовательно, улучшение условий произрастания.

По мнению некоторых авторов (Санников, Баранцев, 1983), успешность естественного возобновления следует рассматривать только по коэффициенту встречаемости. Критериями оценки естественного возобновления служат следующие придержки: неудовлетворительное возобновление – встречаемость равна 25–49 %; удовлетворительное – 50–75 %; хорошее – более 75 %. Согласно этой шкале возобновление на всех ППП, заложенных в сосняках, характеризуется как хорошее. Несколько другая картина складывается в берёзниках. Вследствие смыва почвенного покрова на ППП 1Б (3,8 км) полностью отсутствует подрост. На ППП 2Б (4,7 км) возобновление неудовле-

творительное, что объясняется мощным слоем лесной подстилки и отсутствием семенных деревьев сосны. На расстоянии более 6,4 км в берёзовых насаждениях наблюдается хорошее возобновление, за исключением ППП 9Б (13,1 км), где состояние возобновления удовлетворительное. Это, возможно, связано с большой развитостью живого напочвенного покрова и подлеска.

В целом можно сделать вывод о том, что аэротехногенное воздействие на жизнеспособность подроста и всходов проявляется в лесонасаждениях, находящихся в радиусе 5–6 км от источника аэропромвыбросов. При дальнейшем удалении влияние аэропромвыбросов ЗАО «Карабашмедь» на состояние естественного возобновления неоднозначно, что, вероятно, является результатом комплексного воздействия промышленных поллютантов и других факторов на лесонасаждения. В частности на рост и состояние подроста влияют структура и полнота древостоя, развитие живого напочвенного покрова, количество и качество опада, состояние лесной подстилки и почвы и т. д. С изменением этих факторов возможно увеличение или уменьшение количественных показателей подроста.

#### 4.3.2. Морфометрические показатели хвои подроста сосны

Хвоя играет важную функциональную роль в лесных экосистемах. Её активностью определяется рост и развитие хвойных фитоценозов. С количеством хвои связана продуктивность древостоев, фотосинтез, транспирация, аккумуляция атмосферной пыли и другие процессы, имеющие важное экологическое значение (Онучин, Спицына, 1995).

Размеры хвои меняются в различных условиях местопроизрастания. Рядом авторов отмечается закономерное увеличение массы хвои у деревьев по мере ухудшения лесорастительных условий. Указывается, что прирост хвои и ветвей наиболее значителен в насаждениях низкой производительности. В худших условиях деревья увеличивают массу ассимиляционного аппарата, восполняя тем самым его пониженную активность в этих условиях (Правдин, 1964; Колесников, 1970; Прыгов и др., 2000). Другие авторы считают, что ухудшение условий роста дерева ведёт к снижению параметров и массы хвои (Листов, 1972; Феклистов и др., 2005). С возрастом дерева меняются морфологические и анатомические показатели хвои (Ковалёв, 1980; Загирова, 1997).

Техногенное загрязнение атмосферы и почвы оказывает негативное влияние на ассимиляционный аппарат древесных растений: нарушается ультраструктура хлоропластов, происходят изменения в пигментном комплексе, искажаются первичные процессы фотосинтеза, подавляется связывание диоксида углерода, тормозятся ростовые процессы, сокращается период активной вегетации. Результатом загазованности воздуха является снижение биологической продуктивности растительности и в целом биосферы (Николаевский, 1979; Ярмишко, 1997; Прожерина и др., 2000). По данным Н.В. Торлоповой (2001), воздействие промышленных поллютантов приводит к снижению продолжительности жизни хвои сосны на 10, а её размеров на 10–20 %.

Одним из важнейших показателей жизненного состояния и потенциальных возможностей лесных сообществ является характер развития и функционирования ассимиляционных органов деревьев. Ежедневно 1 га леса ассимилирует  $\text{CO}_2$  из 0,5–1,0 млн  $\text{м}^3$  воздуха, а также поглощает из него различные газообразные токсичные соединения (Николаевский, 1979). Установлено, что начальная реакция сосны обыкновенной на загрязнение воздуха  $\text{SO}_2$  и тяжёлыми металлами выражается в сокращении продолжительности жизни хвои на 1–2 года. У других компонентов лесных фитоценозов, кроме эпифитных лишайников, заметных признаков угнетения при этом не наблюдается. По мере увеличения концентрации и повторяемости загрязнения воздуха отмечаются дальнейшее сокращение продолжительности жизни хвои и изреживание крон, усиление процессов дифференциации деревьев по состоянию, исчезновение с их стволов эпифитных лишайников. Визуально наблюдаемые признаки повреждения побегов, хлорозы и некрозы хвои, снижение её массы и изреживание крон деревьев можно использовать в качестве критериев при оценке степени воздействия аэротехногенного загрязнения на насаждения (Лесные экосистемы..., 1990; Цветков, 1991; Бобкова и др., 1997; Ярмишко, 1997).

Исследования по установлению влияния промышленных поллютантов на состояние ассимиляционного аппарата подроста сосны обыкновенной проведены на пяти ППП в сосняках, расположенных на расстоянии 4,2–13,8 км в северо-восточном направлении от ЗАО «Карабашмедь», и на условно-контрольной ППП. По данным З.Я. Нагимова (2000), хвоя сосны в Зауралье держится на дереве 5–6 лет. В разные годы максимальная доля в общей массе ассимиляционного аппарата приходится то на однолетнюю, то на двухлетнюю

хвою (Феклистов и др., 2005). Нашими исследованиями установлено, что на ППП, расположенной на расстоянии 4,2 км от источника поллютантов, продолжительность жизни хвои соснового подроста составляет 4 года, тогда как на ППП, расположенной на расстоянии 5,5 км, обнаружена 5-летняя хвоя. С удалением насаждений от источника промышленных поллютантов на 6 км и более продолжительность жизни хвои увеличивается до 6 лет.

Промышленное загрязнение может приводить к увеличению количества хвои на побегах (Рябинин, 1962; Кулагин, 1974). Полученные нами данные по охвоённости боковых побегов центральной части 15-летнего подроста сосны представлены в табл. 4.9.

На всех ППП независимо от их расположения относительно ЗАО «Карабашмедь» отмечается снижение охвоённости побегов соснового подроста с увеличением их возраста.

Таблица 4.9

Охвоённость 5 см побега подроста сосны обыкновенной в насаждениях, на различном удалении от ЗАО «Карабашмедь», шт.

Возраст побега, лет	Расстояние от источника поллютантов, км					
	4,2	5,5	5,8	8,3	13,8	32,0
1	58,2±3,21	43,3±1,54	40,1±1,95	43,7±2,12	43,6±2,81	51,4±3,20
2	54,9±3,84	43,3±2,43	35,9±2,85	40,3±1,83	36,6±1,90	52,0±2,93
3	43,1±3,37	35,5±3,50	37,1±2,92	38,0±2,49	33,5±1,49	37,7±1,67
4	31,2±2,55	26,5±3,37	26,1±4,17	30,4±1,29	24,7±2,71	32,8±1,58
5	-	3,7±3,46	8,1±2,22	6,8±1,62	11,3±2,39	20,2±3,56
6	-	-	0,8±0,47	1,4±0,41	3,2±1,13	0,5±0,17

Количество хвои на 5 см побега первых четырёх лет жизни выше в условиях максимального загрязнения (4,2 км). Примечательно, что на побегах более старших возрастов хвоя полностью отсутствует, что свидетельствует о её интенсивном опаде на четвёртый год жизни. Значения показателя охвоённости побегов первых четырёх лет жизни в насаждениях, находящихся на расстоянии 5,5–13,8 км от источника поллютантов, достоверно не отличаются, тогда как охвоённость пяти- и шестилетних побегов закономерно увеличивается с удалением насаждений от источника загрязнения. Охвоённость 5 см пятилетнего побега у подроста в 5,5 км от источника промвыбросов не превышает 3,7 шт., что составляет 18 % от аналогичного показателя на контроле.

Установлено, что с удалением от источника промышленных поллютантов у подроста на боковых побегах всех возрастов увеличивается масса хвои. Эта закономерность наглядно представлена на рис. 4.10.



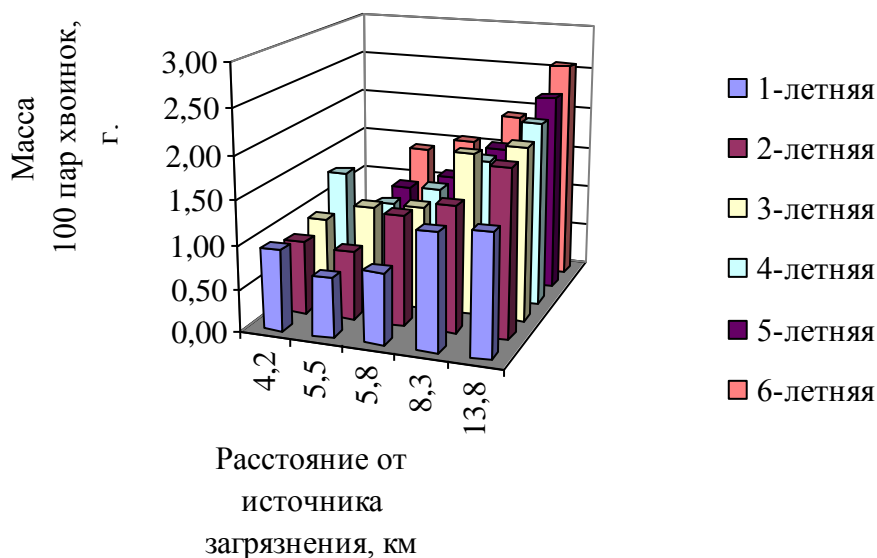


Рис. 4.10. Изменение массы 100 пар хвоинок различных возрастов в зависимости от удаления от источника загрязнения

Для определения тесноты и формы связи между массой 100 пар трёхлетней хвои соснового подроста и расстоянием от источника промышленных поллютантов проведён регрессионный анализ, который показал наличие тесной положительной связи (коэффициент корреляции 0,91). Данная зависимость может быть выражена линейным уравнением:

$$y = 0,2867 x + 0,5667, \quad (4.3)$$

где  $x$  – расстояние от источника поллютантов, км;

$y$  – масса 100 пар хвоинок, г.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,91$ .

На рис. 4.11 показано изменение средней длины хвои разных возрастов на ППП, расположенных на различном расстоянии от ЗАО «Карабашмедь».

Показатели средней длины и поверхности 1 г сырой хвои представлены в табл. 4.10. Анализ данных о средней длине хвои показал наличие тесной положительной связи между этим параметром и удалённостью насаждений от источника поллютантов (коэффициент корреляции для хвои всех возрастов составляет 0,90 и выше). Общий показатель средней длины хвои подроста на ППП 1С (4,2 км) составляет лишь 70 % от аналогичного показателя на ППП 10С (13,8 км). Материалы табл. 4.10 свидетельствуют, что с приближением к источнику поллютантов происходит уменьшение поверхности 1 г сырой хвои

подроста сосны, за исключением ППП, находящейся в 4,2 км от источника загрязнения.

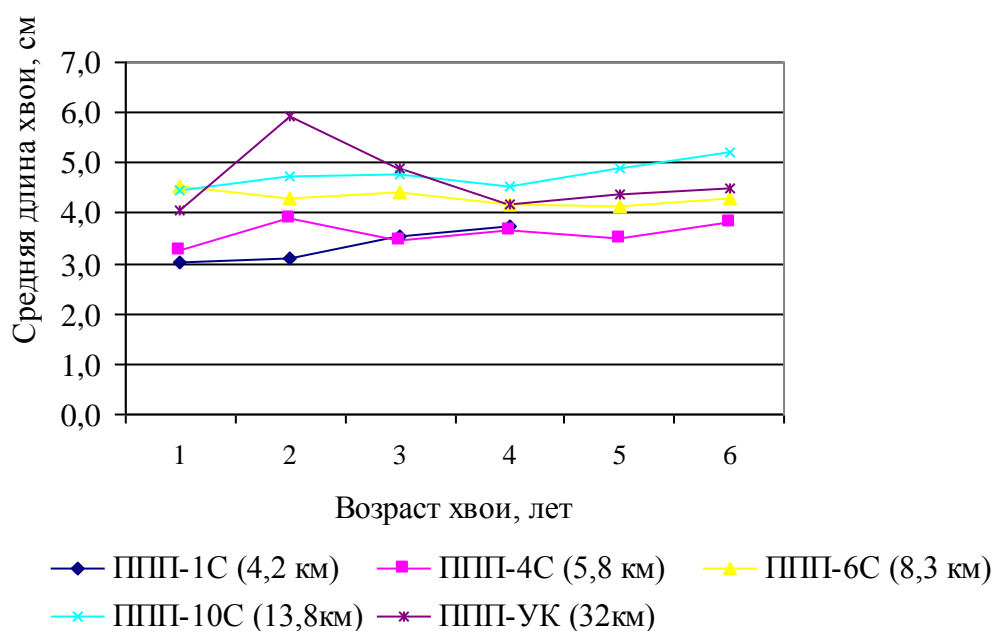


Рис. 4.11. Средняя длина хвои подроста сосны обыкновенной на ППП, расположенных на различном удалении от источника загрязнения

Таблица 4.10

Морфометрические показатели хвои подроста сосны в насаждениях, расположенных на различном удалении от ЗАО «Карабашмедь»

Возраст хвои, лет	Расстояние от источника поллютантов, км				
	4,2	5,5	5,8	8,3	13,8
1	2	3	4	5	6
Средняя длина хвои, см					
1	3,0 ± 0,08	3,0 ± 0,07	3,3 ± 0,05	4,5 ± 0,55	4,4 ± 0,08
2	3,1 ± 0,06	3,3 ± 0,07	4,0 ± 0,09	4,3 ± 0,07	4,7 ± 0,12
3	3,5 ± 0,45	3,6 ± 0,10	3,5 ± 0,09	4,4 ± 0,06	4,8 ± 0,07
4	3,7 ± 0,49	3,4 ± 0,07	3,7 ± 0,09	4,2 ± 0,13	4,5 ± 0,16
5	-	3,4 ± 0,09	3,5 ± 0,07	4,2 ± 0,08	4,9 ± 0,17
6	-	3,7 ± 0,09	3,8 ± 0,07	4,3 ± 0,05	5,2 ± 0,17
Среднее	3,3 ± 0,27	3,4 ± 0,08	3,6 ± 0,08	4,3 ± 0,20	4,8 ± 0,11
Поверхность 1 г сырой хвои, дм <sup>2</sup>					
1	1,82	2,28	2,18	1,90	1,82
2	2,00	2,18	1,82	1,73	1,43
3	2,00	1,82	1,73	1,48	1,48
4	1,57	1,90	1,73	1,52	1,35
5	-	1,82	1,65	1,52	1,35
6	-	1,57	1,52	1,48	1,35
Среднее	1,85	1,93	1,77	1,61	1,46

Окончание табл. 4.10

1	2	3	4	5	6
Поверхность одной хвоинки, см <sup>2</sup>					
1	0,85	0,78	0,89	1,26	1,27
2	0,85	0,87	1,16	1,25	1,37
3	0,93	1,03	1,04	1,38	1,48
4	1,04	0,97	1,08	1,25	1,44
5	-	0,97	1,03	1,25	1,55
6	-	1,10	1,18	1,26	1,73
Среднее	0,93	0,98	1,08	1,29	1,50

На основании данных табл. 4.10 можно отметить, что прослеживается тенденция снижения показателя поверхности 1 г хвои и увеличения значений поверхности одной хвоинки по мере приближения к источнику промышленных поллютантов.

Однако поскольку показатели поверхностей хвои имеют расчётный характер (определены с помощью таблицы через показатель удельной линейной плотности хвои (Цельникер, 1982)), то трудно оценить уровень надежности и ошибку приведённых данных.

Сравнение средних арифметических значений поверхности одной хвоинки и их дисперсий на смежных ППП с помощью критерия F показало достоверное различие этих показателей в насаждениях, расположенных на расстоянии 4,2 и 5,5 км от источника поллютантов, а также 8,3 и 13,8 км. В первом случае  $F_{\text{выч}} = 0,61$  и  $F_{\text{крит}} = 0,11$ , а во втором  $F_{\text{выч}} = 0,88$  и  $F_{\text{крит}} = 0,19$ . Средние значения поверхности одной хвоинки в остальных насаждениях достоверно не различаются ( $F_{\text{выч}} < F_{\text{крит}}$ ).

В результате проведённых нами исследований установлено влияние промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на морфометрические показатели ассимиляционного аппарата 15-летнего подростка сосны обыкновенной.

#### 4.3.3. Характеристика подлеска

Подлесок в насаждении выполняет многогранную положительную функцию: корневыми системами укрепляет почву, предотвращая эрозию, что особенно важно в горах, задерживает снег и замедляет его таяние весной; способствует переводу талых вод из поверхностного стока во внутрпочвенный и поддержанию почвы в рыхлом состоянии; улучшает почвообразовательный процесс и обогащает почву питательными элементами; накапливает в симбиозе с микоризой азот

(ракитник, акация жёлтая и др.); является источником лекарственного и технического сырья и кормовых ресурсов для зверей и птиц; противостоит развитию травянистой растительности и задернению почвы; препятствует распространению пожаров (Луганский и др., 2010). Помимо положительной, подлесок играет и отрицательную роль, являясь конкурентом за свет, влагу и питательные вещества всходам и подросту. Несмотря на это, подлесок в качестве объекта исследований влияния промышленных поллютантов на лесное насаждение выступает редко. Нами на 22 ППП для изучения подлеска было заложено 300 учётных площадок размером 2 x 2 м каждая. При изучении подлеска отмечался видовой состав, высота и жизненное состояние растения (здоровое, сухое, повреждённое). В табл. 4.11 приведены количественная и качественная характеристики подлеска на ППП в сосняках и березняках разнотравно-злаковых, а для более наглядного представления полученные нами данные показаны в виде диаграмм (рис. 4.12).

Таблица 4.11

Характеристика подлеска на ППП

ППП / Расстояние от источника аэропромвыбросов, км	Состав	Густота, шт./га	Средняя высота, м	Встречаемость, %	Доля сухих экземпляров, %
1	2	3	4	5	6
1С/4,2	9 ракитников	200	0,6	33	50
	1 ива	33	1,8	13	0
2С/5,5	7 ракитников	150	0,6	27	0
	1 рябина	17	2,0	7	0
	1 ива	17	1,0	7	0
	1 кизильник	17	0,3	7	0
3С/5,8	4 ракитника	50	0,40	7	0
	3 ивы	33	1,60	7	0
	3 шиповника	33	0,30	7	0
4С/6,6	7 ракитников	400	0,6	60	4
	1 рябина	50	1,2	20	0
	2 ивы	133	0,7	33	13
5С/7,3	6 ракитников	267	0,6	40	25
	3 рябины	150	1,5	20	0
	1 ива	67	2,1	7	0
6С/8,3	4 рябины	183	2,1	13	0
	3 кизильника	150	0,7	7	0
	2 шиповника	83	0,2	7	0
	1 ракитник	33	0,4	13	0
	1 липа	33	2,3	7	0

Продолжение табл. 4.11

1	2	3	4	5	6
7С/8,8	8 малин	733	0,8	27	0
	1 калина	50	1,5	7	0
	1 рябина	117	0,9	13	3
	+черёмуха	33	0,5	7	0
	+кизильник	33	1,5	13	0
8С/9,5	4 малины	300	0,4	13	0
	3 шипов.	167	0,5	27	0
	1 ракит.	33	0,5	7	0
	1 рябина	67	2,1	20	3
	1 яблоня	67	1,1	7	0
9С/13,3	5 ракитников	233	0,5	53	0
	4 рябины	150	1,8	20	0
	1 ива	33	1,4	13	0
10С/13,8	7 рябин	600	2,3	60	3
	2 шиповника	150	0,6	20	0
	1 малина	67	0,8	13	0
	+ черёмуха	50	4,0	7	0
	+ ракитник	17	0,7	7	0
КС/32,0	4 рябины	350	1,9	20	0
	2 ракитника	150	0,8	53	17
	2 черёмухи	133	1,8	33	17
	1 шиповник	83	1,3	13	33
	1 ива, жимокость	67	1,3	13	0
2Б/4,7	8 ракитников	50	0,3	20	46
	2 ивы	17	0,4	7	0
3Б/4,8	8 ракитников	167	0,5	20	20
	2 ивы	50	0,5	7	0
4Б/6,4	8 ракитников	183	0,6	33	9
	1 рябина	33	1,3	13	0
	1 ива	17	1,5	7	0
5Б/6,8	7 ракитников	483	0,5	73	7
	2 липы	150	1,4	7	0
	1 рябина	33	1,7	27	0
6Б/8,5	6 ракитников	417	0,6	73	0
	2 кизильника	133	3,6	20	0
	1 рябина	83	1,3	27	0
	1 ива	33	0,5	7	0
	+ малина	17	0,3	7	0
7Б/9,1	6 ракитников	267	0,6	40	0
	2 рябины	83	1,5	20	0
	1 шиповник	33	0,4	13	0
	1 кизильник	33	2,0	27	0

Окончание табл. 4.11

1	2	3	4	5	6
8Б/11,8	7 ракитников	783	0,6	80	0
	2 рябины	250	1,0	40	0
	1 кизильник	50	0,8	7	0
	+шиповник	50	0,4	20	0
9Б/13,1	8 ракитников	933	0,7	87	0
	1 рябина	67	1,5	20	0
	1 шиповник	117	0,8	13	0
	+ ива	33	2,8	13	0
10Б/17,5	4 шиповника	317	0,8	20	0
	2 ракитника	150	0,6	20	0
	1 рябина	100	2,5	20	0
	1 малина	67	0,7	13	0
	1 черёмуха	100	0,9	33	0
	1 кизильник	67	0,9	6	0
КБ/31,0	6 ракитников	400	0,8	67	33
	3 рябины	167	1,6	53	0
	1 малина	50	0,9	7	0

Анализируя материалы табл. 4.11, необходимо отметить, что на всех ППП, заложенных в сосновых насаждениях, присутствует подлесок, но его параметры по мере увеличения загрязнения претерпевают существенные изменения. С удалением от завода увеличивается видовое разнообразие подлесочных пород. Всего на ППП, заложенных в сосняках разнотравно-злаковых, на протяжении от 4 до 14 км зарегистрировано 10, а в березняках на протяжении от 4 до 18 км – 8 видов подлесочных пород. В лесонасаждениях, находящихся на расстоянии до 8 км, в составе подлеска преобладает ракитник русский, при большем удалении сосняков от источника поллютантов густота ракитника снижается. Последнее объясняется вытеснением ракитника менее устойчивыми видами подлеска. На ППП 1С (4,2 км), наиболее приближенной к источнику поллютантов, половина встречаемых экземпляров ракитника сухие.

Наибольшее видовое разнообразие отмечается на условно-контрольной ППП. Здесь, помимо ракитника русского, рябины обыкновенной, черёмухи обыкновенной, шиповника и ивы козьей, встречающихся на других ППП, произрастает жимолость татарская. Максимальная густота подлеска наблюдается на ППП 10С (6,6 км) и условном контроле (32,0 км) – 884 и 783 шт./га соответственно. Примечателен тот факт, что на ППП КС, являющейся условно-контрольной, кусты ракитника русского имеют среднюю высоту 0,8 м,

тогда как на остальных ППП этот показатель варьирует в пределах 0,5–0,7 м.

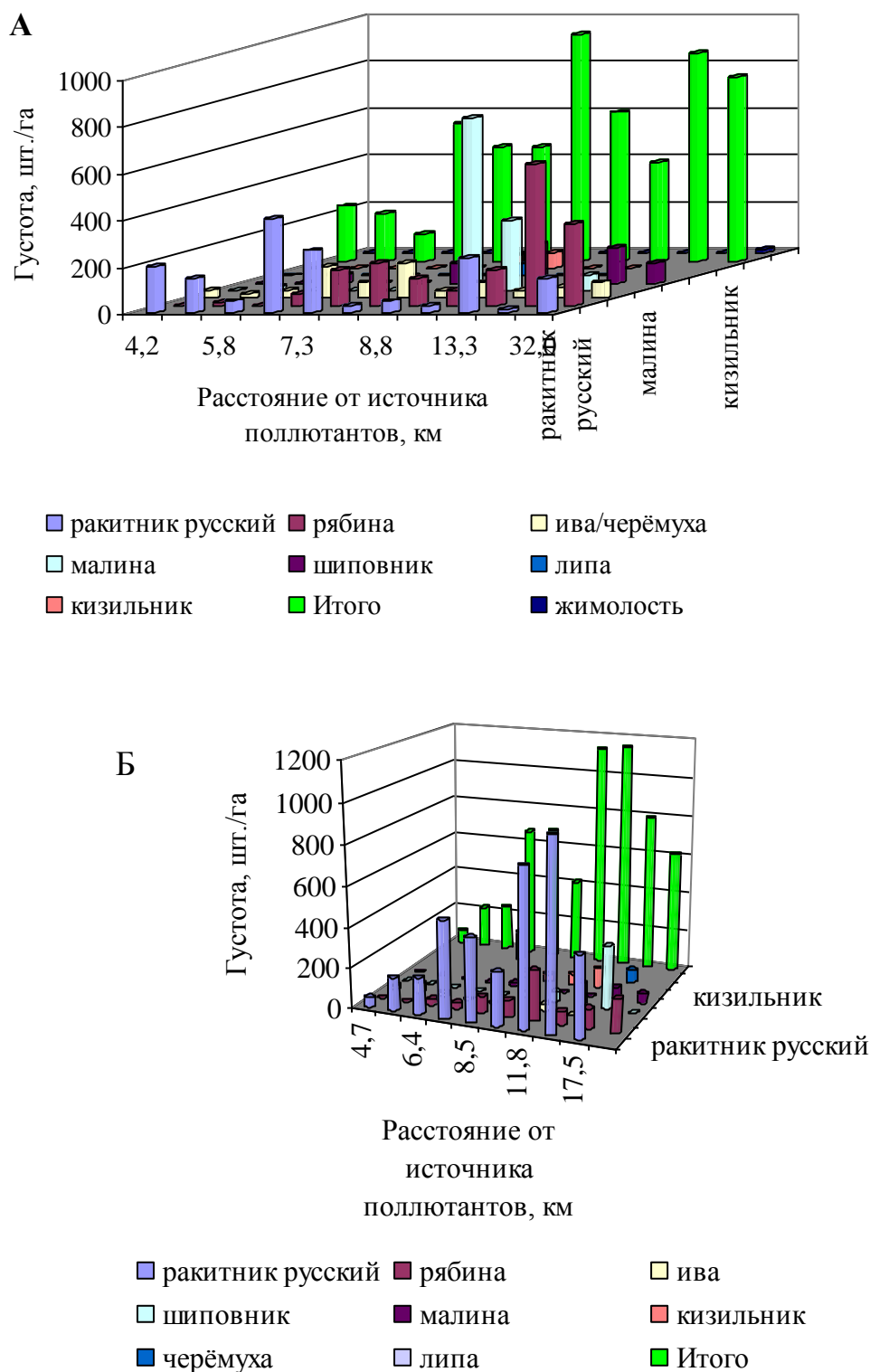


Рис. 4.12. Видовой состав и густота подлеса в зависимости от удаления от источника поллютантов:  
А – в сосновых насаждениях, Б – в берёзовых насаждениях



По некоторым данным (Влияние загрязнений воздуха ..., 1981), малина и липа мелколистная по степени сопротивляемости листьев к воздействию газа  $SO_2$  относятся к категории восприимчивых. Следовательно, можно говорить о снижении воздействия промышленных поллютантов и об улучшении экологических условий в насаждениях (около 7 км от источника выбросов), где в подлеске появляются эти породы.

Вследствие проведённых нами исследований в берёзовых насаждениях установлено следующее. На расстоянии до 4 км от источника поллютантов (ППП 1Б) подлесок отсутствует. На ППП 2Б (4,7 км) и ППП 3Б (4,8 км) подлесок представлен ракитником (рис. 4.13) и ивой.

Показатель встречаемости на этих ППП одинаковый, а густота подлеска на ППП 3Б превышает аналогичную на ППП 2Б примерно в 3 раза. В насаждениях, расположенных на расстоянии более 6 км от источника загрязнения, в составе подлеска встречается рябина обыкновенная, а на расстоянии более 8,5 км подлесок представлен 4–6 видами, что свидетельствует об улучшении условий произрастания.

По мере приближения к источнику промышленных поллютантов снижаются показатели встречаемости подлеска и его средняя высота.



*Рис. 4.13. Ракитник русский – наиболее устойчивая к аэропромвыбросам ЗАО «Карабашмедь» подлесочная порода*



Поскольку в насаждениях, находящихся на расстоянии до 5 км от источника загрязнителей, в подлеске встречаются только ракитник русский и ива козья, то можно заключить, что эти породы являются относительно устойчивыми к аэропромвыбросам ЗАО «Карабашмедь».

На рис. 4.14 показано распределение общего количества подлеска на ППП по категориям жизненного состояния (здоровый, повреждённый, сухой). Распределение свидетельствует, что прослеживается явная тенденция снижения доли повреждённых и сухих экземпляров по мере удаления насаждений от источника загрязнителей как в березняках, так и в сосняках. Так, в берёзовом насаждении на ППП 2Б (4,7 км) подлесок представлен лишь сухими и повреждёнными экземплярами, причём на ППП 1Б, расположенной на расстоянии 3,2 км от источника загрязнения, подлесок, как компонент насаждения, полностью отсутствует. В то же время на расстоянии 6,8 км доля жизнеспособных экземпляров подлеска превышает 80 %.

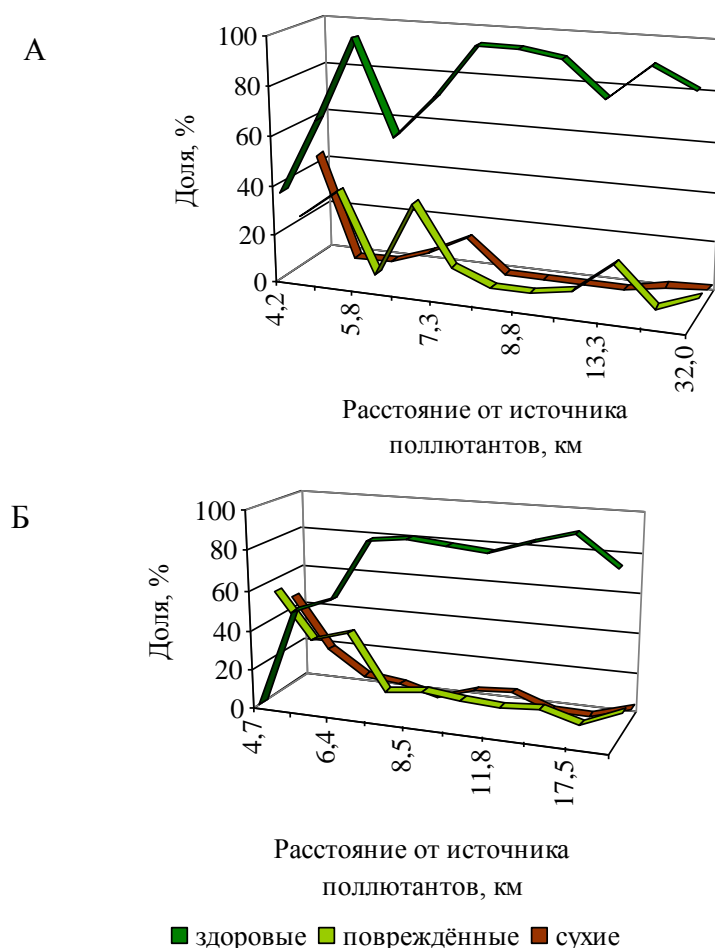


Рис. 4.14. Распределение подлеска по категориям жизнеспособности на ППП, удалённых на различное расстояние от источника загрязнителей:  
А – в сосновых насаждениях, Б – в берёзовых насаждениях

#### **4.4. Влияние аэропромвыбросов на видовой состав и надземную фитомассу живого напочвенного покрова**

Живой напочвенный покров является одним из компонентов лесного насаждения, наиболее чутко реагирующим на загрязнение окружающей среды. В первую очередь это связано с наличием поверхностной корневой системы травянистых растений. Реакции одно-двулетних растений проявляются гораздо раньше, чем видимые реакции древостоя (Воробейчик и др., 1994). Многими исследователями воздействия аэропромвыбросов на лесные насаждения отмечается уменьшение общего видового разнообразия, выпадение чувствительных и усиленное развитие более устойчивых видов ЖНП (Давыдова, 1982; Степанов и др., 1992; Воробейчик, 1994; Юсупов и др., 1999; Астафьева, 2006).

Исследования по установлению видового разнообразия и фитомассы живого напочвенного покрова в сосняках и березняках разнотравно-злаковых, расположенных на различном удалении от источника поллютантов, показали, что надземная фитомасса ЖНП в абсолютно сухом состоянии в насаждениях, расположенных на удалении 4,2–17,5 км от ЗАО «Карабашмедь», сильно различается и находится в пределах 111,2–693,2 кг/га (сосняки) и 50,4–677,8 кг/га (березняки).

В приложении представлены видовой состав ЖНП и его надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии на ППП в сосняках (прил. 1) и березняках (прил. 2), находящихся на различном расстоянии от ЗАО «Карабашмедь». Материалы прил. 1 наглядно свидетельствуют, что количество видов живого напочвенного покрова увеличивается по мере удаления от источника поллютантов. Необходимо отметить, что распределение семейства злаковых на виды не проводилось. Коэффициент корреляции между расстоянием и количеством встречаемых видов ЖНП составляет 0,90, что указывает на наличие тесной связи. Общее количество видов живого напочвенного покрова, зарегистрированных на всех ППП в сосняках разнотравно-злакового типа леса в северо-восточном направлении от ЗАО «Карабашмедь», равно 51. С удалением от источника поллютантов отмечается появление одних видов и исчезновение других. Представители семейства злаковых присутствуют на всех ППП, причём доля их в общей фитомассе снижается с удалением от источника поллютантов. Максимальное видовое разнообразие живого напочвенного покрова наблюдается на ППП, расположенных на

расстоянии 13,3 и 13,8 км. Основная доля надземной фитомассы ЖНП на ППП 10С приходится на чернику (34,7 %).

Данные прил. 1, 2 свидетельствуют, что общее количество видов растений живого напочвенного покрова, зарегистрированных в насаждениях берёзовой формации, равно 47. Отмечается снижение видового разнообразия с удалением от источника загрязнения (коэффициент корреляции равен 0,83, что определяет высокую тесноту связи).

Так же, как и в насаждениях сосновой формации, на всех ППП в березняках имеют свою представленность виды семейства злаковых. Доля их в общей фитомассе находится в пределах 12,9–47,1 %.

В березняках разнотравно-злаковых на расстоянии 4,7–4,8 км встречаются такие виды, как брусника, вероника дубравная, герань луговая, горошек мышиный, грушанка круглолистная, земляника лесная, клевер луговой, клевер ползучий, мать-и-мачеха, орляк, виды семейства злаковых, а также хвощ лесной и щавель конский. Причём два последних вида зарегистрированы только на ППП 2Б (4,7 км), значит, возможен вывод о нетипичности этих видов для данных условий произрастания и появление их является следствием аэротехногенной нагрузки.

Черника присутствует на всех ППП, находящихся на расстоянии 4,8–17,5 км от источника поллютантов, а также на условно-контрольной ППП (31,0 км). Фитомасса этого вида существенно возрастает с удалением ППП от ЗАО «Карабашмедь», тогда как относительный показатель содержания черники в общей надземной фитомассе ЖНП не имеет зависимости от расстояния и находится в пределах 9,2–20,7 %.

Любопытно, что нивяник отмечен нами только на ППП 9Б (13,1 км), ППП 10Б (17,5 км) и условно-контрольной ППП КБ (31,0 км) с общей долей этого вида в общей абсолютно сухой фитомассе 0,4–1,0 %.

С приближением ППП к источнику промышленных поллютантов отмечается выпадение из состава ЖНП таких видов, как бубенчик лилиелистный, кровохлёбка лекарственная, медуница мягчайшая, сныть обыкновенная, таволга обыкновенная.

В табл. 4.12 и 4.13 приведено распределение фитомассы живого напочвенного покрова по ценотипам согласно определителям И.М. Красноборова и др. (2000) и М.И. Нейштадт (1948). Все виды делились на 4 основных ценотипа: лесной, луговой, лесолуговой, лугово-лесной.

Таблица 4.12

Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова в сосняках по ценотипам, кг/га / %

Ценотип	ППП										
	1С	2С	3С	4С	5С	6С	7С	8С	9С	10С	КС
Луговые	<u>7,0</u> 6,3	<u>0,0</u> 0,0	<u>8,8</u> 2,7	<u>28,7</u> 8,2	<u>17,5</u> 4,0	<u>38,3</u> 8,8	<u>61,0</u> 9,9	<u>71,0</u> 15,5	<u>121,4</u> 19,4	<u>42,3</u> 6,1	<u>56,7</u> 11,0
Лесо- луговые	<u>54,6</u> 49,1	<u>91,6</u> 31,2	<u>110,8</u> 33,9	<u>84,6</u> 24,2	<u>117,6</u> 28,5	<u>93,1</u> 21,9	<u>122,6</u> 19,9	<u>187,3</u> 40,9	<u>192,2</u> 26,7	<u>126,9</u> 18,3	<u>143,3</u> 27,8
Лугово- лесные	<u>0,0</u> 0,0	<u>10,6</u> 3,6	<u>16,7</u> 5,1	<u>9,1</u> 2,6	<u>41,1</u> 9,4	<u>19,1</u> 4,4	<u>78,2</u> 12,7	<u>55,4</u> 12,1	<u>80,1</u> 12,8	<u>57,5</u> 8,3	<u>18,6</u> 3,6
Лесные	<u>49,6</u> 44,6	<u>207,5</u> 65,2	<u>191,5</u> 58,3	<u>226,5</u> 65,0	<u>245,2</u> 58,1	<u>282,3</u> 64,9	<u>357,3</u> 57,5	<u>141,1</u> 31,5	<u>264,8</u> 41,1	<u>466,5</u> 67,3	<u>296,9</u> 57,6
Итого	<u>111,2</u> 100,0	<u>309,7</u> 100,0	<u>327,8</u> 100,0	<u>348,9</u> 100,0	<u>421,3</u> 100,0	<u>432,8</u> 100,0	<u>619,1</u> 100,0	<u>454,8</u> 100,0	<u>658,5</u> 100,0	<u>693,2</u> 100,0	<u>515,4</u> 100,0

Таблица 4.13

Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова в березняках по ценотипам, кг/га / %

Ценотип	ППП									
	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	10Б	КБ
Луговые	<u>15,7</u> 17,2	<u>3,4</u> 6,7	<u>11,1</u> 9,9	<u>55,4</u> 10,1	<u>17,0</u> 3,3	<u>55,2</u> 9,7	<u>75,5</u> 11,2	<u>42,0</u> 6,2	<u>64,3</u> 10,5	<u>35,4</u> 6,4
Лесо- луговые	<u>55,5</u> 60,7	<u>27,1</u> 53,7	<u>40,1</u> 35,6	<u>129,4</u> 23,6	<u>210,8</u> 41,0	<u>161,2</u> 28,3	<u>146,4</u> 21,7	<u>166,0</u> 24,5	<u>250,0</u> 40,8	<u>192,5</u> 34,8
Лугово- лесные	<u>1,7</u> 1,9	<u>2,8</u> 5,5	<u>12,8</u> 11,4	<u>23,0</u> 4,2	<u>43,9</u> 8,5	<u>74,6</u> 13,1	<u>55,3</u> 8,2	<u>123,9</u> 18,3	<u>49,0</u> 8,0	<u>64,7</u> 11,7
Лесные	<u>18,5</u> 20,2	<u>17,2</u> 34,1	<u>48,5</u> 43,1	<u>340,5</u> 62,1	<u>242,5</u> 47,2	<u>278,5</u> 48,9	<u>397,3</u> 58,9	<u>345,7</u> 51,0	<u>249,4</u> 40,7	<u>260,6</u> 47,1
Итого	<u>91,5</u> 100,0	<u>50,4</u> 100,0	<u>112,6</u> 100,0	<u>548,3</u> 100,0	<u>514,2</u> 100,0	<u>569,5</u> 100,0	<u>674,5</u> 100,0	<u>677,6</u> 100,0	<u>612,8</u> 100,0	<u>553,2</u> 100,0

На наиболее приближённых к источнику поллютантов ППП как в сосняках, так и в березняках максимальную долю в общей фитомассе занимают лесолуговые виды (60,7 и 49,1 % соответственно) главным образом за счёт представителей семейства злаковых. В сосновых насаждениях, расположенных на расстоянии 9,5 км (ППП 8С), в общей фитомассе ЖНП доминантом является также ценотип лесолуговые, в составе которого участвуют такие виды, как зверобой продырявленный, реброплодник уральский, вероника лекарственная, а на долю семейства злаковых приходится лишь 15,4 %. На всех

остальных ППП, находящихся на расстоянии далее 5,5 км, фитомасса живого напочвенного покрова преимущественно представлена лесными видами.

В берёзовых насаждениях, расположенных на расстоянии 6,4 км и более, в общей надземной фитомассе ЖНП преобладают виды, отнесённые к ценотипу лесные. Исключение составляет ППП 10Б (17,5 км), где наблюдается примерно одинаковое соотношение лесолуговых и лесных видов (40,8 и 40,7 % соответственно), тогда как на ППП, удалённых менее чем на 6 км, основную долю в фитомассе занимают лесолуговые виды. Наибольшую представленность в процентном отношении луговые виды имеют на ППП 2Б (4,7 км) – 17,2 %, а на остальных ППП их доля составляет менее 11,2 %.

На рис. 4.15 наглядно показано распределение фитомассы ЖНП по ценотипам в сосновых и берёзовых насаждениях на различном удалении от ЗАО «Карабашмедь».

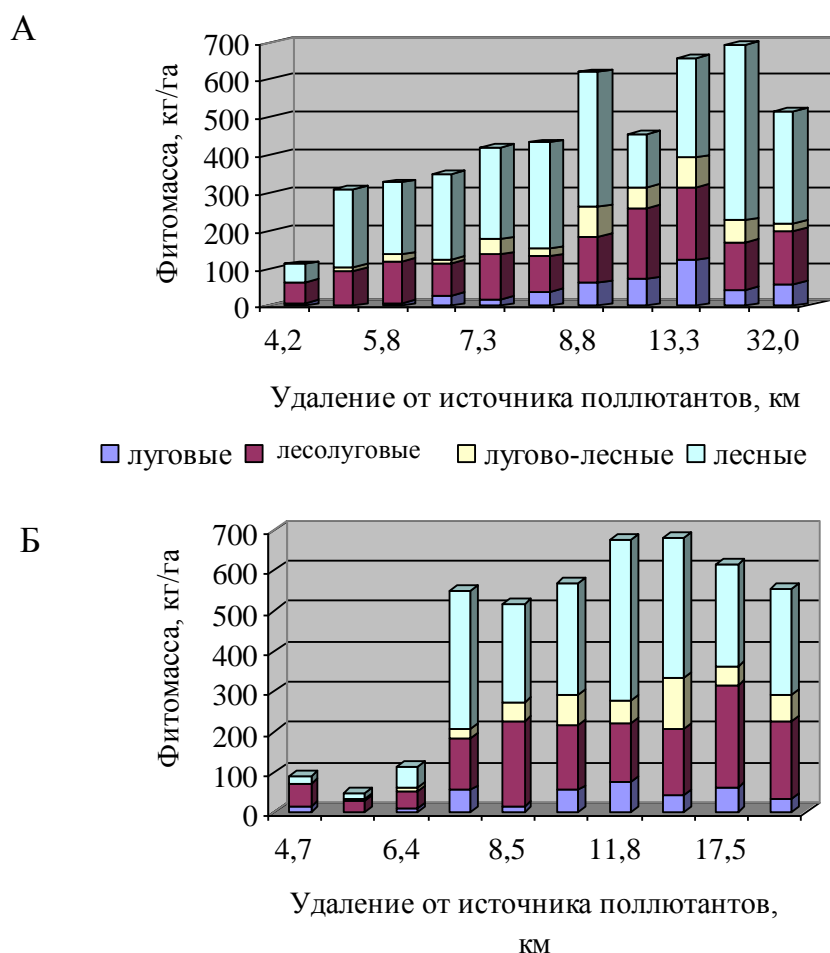


Рис. 4.15. Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова по ценотипам при разном удалении от источника загрязнителей:  
А – в сосняках, Б – в березняках

Антропогенные нагрузки на биогеоценозы приводят к смене видов, а в ряде случаев и к увеличению их количества. Поэтому, по мнению многих авторов, эффективным показателем трансформации насаждений является индекс общности сходства. Нами рассчитаны индексы общности Жаккара и Чекановского – Сьеренсена видового состава ЖНП на ППП, находящихся рядом друг с другом (ППП 1С и ППП 2С; ППП 2С и ППП 3С; ... ППП 9С и ППП 10С), и видового состава ЖНП каждой ППП с таковым на условно-контрольной ППП КС. В табл. 4.14 представлены коэффициенты сходства видового состава ЖНП в сосняках.

Таблица 4.14

Степень общности видового состава ЖНП  
в сосняках на ППП со смежными ППП и с контрольной

ППП	Расстояние от источника поллютантов, км	Индекс общности Жаккара		Индекс общности Чекановского – Сьеренсена	
		со смежными ППП	с ППП КС	со смежными ППП	с ППП КС
1С	4,2	0,30	0,14	0,32	0,20
2С	5,5	0,31	0,21	0,32	0,26
3С	5,8	0,38	0,33	0,35	0,33
4С	6,6	0,63	0,43	0,44	0,38
5С	7,3	0,48	0,61	0,39	0,43
6С	8,3	0,19	0,48	0,24	0,39
7С	8,8	0,27	0,36	0,30	0,35
8С	9,5	0,33	0,42	0,33	0,37
9С	13,3	0,67	0,60	0,44	0,43
10С	13,8	-	0,65	-	0,44

Значения индекса общности Жаккара свидетельствуют, что между смежными друг с другом ППП наблюдается малое соответствие видовых составов травяного покрова, за исключением ППП 9С и ППП 10С (большое соответствие). В результате сравнения с помощью индекса общности Жаккара ППП 1С (4,2 км) с контрольной ППП сходства по видовому составу растительных сообществ не обнаруживается. На всех ППП, расположенных на расстоянии 5,5–13,3 км от источника поллютантов, видовой состав характеризуется малым соответствием с контролем, а на ППП 10С – большим.

Вычисленные индексы общности Чекановского – Сьеренсена обнаруживают наибольшую схожесть видового разнообразия ППП, заложенных в сосняках на расстоянии 6,6 и 7,3 км, а также 13,3 и 13,8 км

от источника загрязнения. С видовым составом ЖНП на условно-контрольной ППП максимальное сходство имеют ППП 9С (13,3 км) и ППП 10С (13,8 км).

Коэффициенты сходства видового состава ЖНП в березняках приведены в табл. 4.15.

Таблица 4.15

Степень общности видового состава ЖНП  
в березняках на ППП со смежными ППП и с контрольной

ППП	Расстояние от источника поллютантов, км	Индекс общности Жаккара		Индекс общности Чекановского – Сьеренсена	
		со смежными ППП	с ППП КС	со смежными ППП	с ППП КС
2Б	4,7	0,35	0,29	0,34	0,31
3Б	4,8	0,33	0,29	0,33	0,31
4Б	6,4	0,32	0,52	0,33	0,40
5Б	6,8	0,27	0,40	0,30	0,36
6Б	8,5	0,37	0,42	0,35	0,37
7Б	9,1	0,61	0,63	0,43	0,43
8Б	11,8	0,38	0,46	0,35	0,39
9Б	13,1	0,70	0,76	0,45	0,46
10Б	17,5	-	0,65	-	0,44

Полученные значения индекса общности Жаккара говорят о наличии малого соответствия видового состава травянистой растительности смежных ППП, кроме ППП 9Б (13,1 км) и ППП 10Б (17,5 км), где  $I_j = 0,70$ , что указывает на большое соответствие. Сравнение видового разнообразия растительности ППП 9Б (13,1 км) и ППП 10Б (17,5 км) с таковым на контрольной ППП показало большое соответствие. Малая степень сходства с контролем отмечается на всех ППП, расположенных на расстоянии 4,7–11,8 км. Вычисленные показатели индекса общности Чекановского – Сьеренсена подтверждают вышеизложенные выводы.

Сравнение достоверности сходства видового состава живого напочвенного покрова производим по формуле (Зайцев, 1984)

$$F = (P_1 - P_2) / [(1/a + 1/b) (1 - I_{CS}) I_{CS}], \quad (4.4)$$

где  $F$  – критерий Фишера;

$P_1$  – доля общих видов на ППП ( $P_1 = c / a$ );

$P_2$  – доля общих видов на контрольной ППП ( $P_2 = c / b$ );

$a$  – количество видов на сравниваемой ППП;

$b$  – количество видов на контрольной ППП;

$c$  – количество видов на двух ППП;

$I_{CS}$  – индекс общности Чекановского – Сьеренсена.

При числе степеней свободы  $\nu(1) = 1$   $\nu(2) = a + b - 2$ .

Во всех случаях вычисленные значения критерия Фишера  $F_{\text{выч}}$  меньше табличных  $F_{\text{табл}}$ , следовательно, сравниваемые ППП достоверно не различаются по доле общих для них видов, т. е. схожи по флористическому составу.

Известно, что травянистые растения являются источником лекарственного, технического, витаминного сырья. Плоды, а также другие части растений употребляются в пищу. Некоторые растения имеют декоративное, инсектицидное значение. Для исследования структуры живого напочвенного покрова в сосняках разнотравно-злаковых, подверженных воздействию промышленных поллютантов, проведено распределение видов по основным группам хозяйственного значения согласно классификации А.Ф. Черкасова (табл. 4.16). Список видов, встречаемых на ППП, по возможности их хозяйственного использования приведен в прил. 3.

Таблица 4.16

Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова по хозяйственному значению, кг/га / %

ППП	Расстояние от источника поллютантов, км	Хозяйственное значение								Общая фитомасса
		Лекарственное	Ядовитое	Техническое	Медоносное	Кормовое	Декоративное	Пищевое	Сорное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1С	4,2	$\frac{14,0}{12,6}$	$\frac{44,9}{40,4}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{47,3}{42,5}$	$\frac{52,3}{47,0}$	$\frac{56,6}{50,9}$	$\frac{51,9}{46,7}$	$\frac{111,2}{100,0}$
2С	5,5	$\frac{130,3}{42,1}$	$\frac{77,2}{24,9}$	$\frac{10,6}{3,4}$	$\frac{38,5}{12,4}$	$\frac{144,1}{46,5}$	$\frac{101,6}{32,8}$	$\frac{184,6}{59,6}$	$\frac{77,2}{24,9}$	$\frac{309,7}{100,0}$
3С	5,8	$\frac{88,6}{27,0}$	$\frac{125,8}{38,4}$	$\frac{19,0}{5,8}$	$\frac{43,8}{13,4}$	$\frac{274,5}{83,7}$	$\frac{100,7}{30,7}$	$\frac{191,5}{58,4}$	$\frac{134,6}{41,1}$	$\frac{327,8}{100,0}$
4С	6,6	$\frac{238,8}{68,4}$	-	$\frac{21,7}{6,2}$	$\frac{167,8}{48,1}$	$\frac{112,9}{32,4}$	$\frac{108,4}{31,1}$	$\frac{195,8}{56,1}$	-	$\frac{348,9}{100,0}$
5С	7,3	$\frac{218,4}{51,8}$	$\frac{69,1}{16,4}$	$\frac{47,6}{11,3}$	$\frac{179,6}{42,6}$	$\frac{304,6}{72,3}$	$\frac{141,2}{33,5}$	$\frac{242,4}{57,5}$	$\frac{67,7}{16,1}$	$\frac{421,3}{100,0}$
6С	8,3	$\frac{187,0}{43,2}$	$\frac{113,1}{26,1}$	$\frac{21,3}{4,9}$	$\frac{158,3}{36,6}$	$\frac{271,9}{62,8}$	$\frac{104,0}{24,0}$	$\frac{264,5}{61,1}$	$\frac{121,8}{28,1}$	$\frac{432,8}{100,0}$
7С	8,8	$\frac{442,3}{71,4}$	$\frac{311,7}{50,3}$	$\frac{348,7}{56,3}$	$\frac{208,8}{33,7}$	$\frac{548,9}{88,7}$	$\frac{113,3}{18,3}$	$\frac{203,3}{32,8}$	$\frac{72,7}{11,7}$	$\frac{619,1}{100,0}$



Окончание табл. 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8С	9,5	<u>316,5</u> 69,6	<u>40,3</u> 8,9	<u>145,6</u> 32,0	<u>275,7</u> 60,6	<u>316,0</u> 69,5	<u>124,6</u> 27,4	<u>191,9</u> 42,2	<u>41,7</u> 9,2	<u>454,8</u> 100,0
9С	13,3	<u>324,2</u> 49,2	<u>67,6</u> 10,3	<u>189,0</u> 28,7	<u>339,3</u> 51,5	<u>486,4</u> 73,9	<u>208,4</u> 31,7	<u>226,0</u> 34,3	<u>88,9</u> 13,5	<u>658,5</u> 100,0
10С	13,8	<u>420,8</u> 60,7	<u>76,3</u> 11,0	<u>117,2</u> 16,9	<u>454,7</u> 65,6	<u>355,6</u> 51,3	<u>158,7</u> 22,9	<u>442,3</u> 63,8	<u>72,8</u> 10,5	<u>693,2</u> 100,0
КС	32,0	<u>270,6</u> 52,5	<u>64,4</u> 12,5	<u>99,5</u> 19,3	<u>289,1</u> 56,1	<u>348,4</u> 67,6	<u>146,4</u> 28,4	<u>269,0</u> 52,2	<u>68,0</u> 13,2	<u>515,4</u> 100,0

В результате анализа приведённого распределения выявлено, что по мере приближения насаждений к медеплавильному предприятию доля растений, имеющих лекарственное значение, снижается. Так, на ППП 1С, расположенной на расстоянии 4,2 км от ЗАО «Карабашмедь», их доля составляет 12,6 % надземной фитомассы ЖНП. На остальных же ППП доля лекарственных видов живого почвенного покрова превышает 40 %. Максимальное значение запаса лекарственных травянистых растений зафиксировано на ППП 7С (8,8 км) и составляет 71,4 % в основном за счёт таких видов, как хвощ лесной, земляника лесная, вероника дубравная, будра плющевидная. Фитомасса медоносных видов также находится в прямой зависимости от удаления от источника поллютантов. К данной группе растений отнесены земляника лесная, дудник лесной, золотарник обыкновенный, кровохлёбка лекарственная, черника, клевер луговой, клевер люпиновидный, таволга вязолистная и др. Наименьшая фитомасса медоносов отмечена на ППП 1С (4,2 км), где из перечисленных выше видов произрастает только клевер луговой. На ППП 2С (5,5 км) в составе ЖНП присутствует черника, что влияет на увеличение фитомассы медоносов в данном насаждении.

Надземная фитомасса в абсолютно сухом состоянии семейства злаковых в сосняках колеблется в пределах 52,3–100,7 кг/га и не зависит от расстояния до источника поллютантов. Вследствие отнесения растений семейства злаковых к группам, имеющим кормовое и декоративное значение, тенденции изменения надземной фитомассы растений данных групп в зависимости от удаления от источника поллютантов также не обнаружено. Запас трав, являющихся кормом для диких и домашних животных, колеблется в пределах 42,5–88,7 %.

Содержание орляка обыкновенного в надземной фитомассе ЖНП главным образом определяет долю ядовитых и сорных растений. Так,

на ППП 1С (4,2 км) доля ядовитых составляет 40,4 %, а сорных – 46,7 %, тогда как в сосняке, расположенном на расстоянии 5,5 км от источника поллютантов (ППП 2С), их доля равна 24,9 %, что, в свою очередь, превышает аналогичные значения на условно-контрольной ППП более чем на 10 %.

К техническим относят четыре подгруппы растений: красильные, дубильные, волокнистые и специально-технологические. Наименьшая фитомасса видов, имеющих техническое значение, зарегистрирована на ППП, расположенных на расстояниях 4,2 и 5,5 км.

Доля фитомассы надземной части травянистых растений, имеющих пищевое значение, в общей надземной фитомассе ЖНП варьирует от 32,8 до 63,8 %. По абсолютным значениям фитомассы пищевых видов отмечается тенденция увеличения запаса с удалением ППП от источника поллютантов. Следует отметить, что к этой группе относятся в основном ягодниковые растения: черника, брусника, земляника, заготавливаемые населением. Допустимость использования ягод в пищу подвергается сомнению. Необходимо проведение исследований химического состава ягод на предмет возможности использования их в пищу. Это касается и заготовки лекарственных растений. При распределении надземной фитомассы ЖНП по группам хозяйственного значения целью исследований являлось не определение потенциальных объёмов заготовки, а установление степени влияния промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на видовой состав ЖНП.

## **4.5. Влияние аэропромвыбросов на показатели лесной подстилки и биологическую активность почв**

### **4.5.1. Количественная и качественная характеристики лесной подстилки**

Под лесной подстилкой понимается напочвенный покров из мёртвой органической массы, формируемый за счёт лесного опада. В разложении лесного опада принимают участие различные группы организмов – почвенная мезофауна, бактерии, грибы и т.д. Подстилка является важнейшим аккумулятором поллютантов и одним из основных компонентов насаждения, являющимся индикатором загрязнения среды. В литературе неоднократно отмечался факт увеличения мощности лесной подстилки при загрязнении насаждений промышленными

поллютантами (Гришина и др., 1983; Черненкова, Степанов, 1983; Никонов, Лукина, 1991; Воробейчик и др., 1994; Юсупов и др., 1999; Воробейчик, 2003 и др.). Мощная лесная подстилка имеет как положительное (защищает почву от иссушения, снижает температурные амплитуды, задерживает поверхностный сток воды и т.п.), так и отрицательное значение (приводит к накоплению торфа, зависанию семян и т.д.).

Исследования по изучению влияния промышленных поллютантов на основные характеристики лесной подстилки проведены на пяти ППП, заложенных в сосняках разнотравно-злакового типа леса IV–V классов возраста, и шести ППП, заложенных в производных березняках разнотравно-злакового типа леса IV–V классов возраста.

Лесная подстилка сортировалась по фракциям: листья, кора, остатки ЖНП, труха, хвоя, шишки и ветви (прил. 4).

В табл. 4.17 и 4.18 приведены средние показатели мощности, плотности, а также фракционного состава лесной подстилки. Как и предполагалось, подстилка в березняках тоньше, чем в сосняках, что объясняется большей скоростью деструкции лиственного опада. Анализ полученных данных свидетельствует, что общий запас и фракционный состав лесной подстилки сильно меняются в зависимости от местопроизрастания насаждений по отношению к источнику поллютантов.

Таблица 4.17

Мощность, плотность и запас в абсолютно сухом состоянии лесной подстилки на ППП в сосновых насаждениях

Показатель	Расстояние от источника поллютантов, км					
	4,2	5,5	6,6	8,3	13,8	32,0
1	2	3	4	5	6	7
Мощность, см	6,78±0,25	6,0±0,19	5,0±0,28	3,2±0,19	3,9±0,20	3,6±0,17
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	97,7	124,1	150,0	150,8	168,4	144,2
Запас, $\frac{\text{г}}{\text{м}^2}$	<u>6624,0</u>	<u>7427,4</u>	<u>7461,0</u>	<u>4788,8</u>	<u>6563,6</u>	<u>5132,6</u>
%	100	100	100	100	100	100
в т. ч. по фракциям:						
Хвоя	<u>140</u> 2,1	<u>601,4</u> 8,0	<u>480,4</u> 6,5	<u>430,4</u> 9,0	<u>382,8</u> 5,8	<u>407,2</u> 7,9
Листья	<u>130,0</u> 2,0	<u>16,2</u> 0,2	<u>61,6</u> 0,8	<u>23,6</u> 0,5	<u>73,2</u> 1,1	<u>57,4</u> 1,1
Шишки	<u>1828,8</u> 27,6	<u>850,8</u> 11,5	<u>2472,0</u> 33,1	<u>1097,0</u> 22,9	<u>889,2</u> 13,5	<u>983,4</u> 19,2
Остатки ЖНП	<u>0,0</u> 0,0	<u>8,8</u> 0,1	<u>28,8</u> 0,4	<u>30,2</u> 0,7	<u>36,8</u> 0,6	<u>35,8</u> 0,7

Окончание табл. 4.17

1	2	3	4	5	6	7
Труха	<u>4102,2</u> 61,9	<u>5806,8</u> 78,2	<u>4099,6</u> 54,9	<u>2702,2</u> 56,4	<u>4913,4</u> 74,9	<u>3384,0</u> 65,9
Кора	<u>150,0</u> 2,3	<u>72,4</u> 1,0	<u>129,2</u> 1,7	<u>125,2</u> 2,6	<u>78,8</u> 1,2	<u>94,2</u> 1,8
Ветви	<u>273,0</u> 4,1	<u>71,0</u> 1,0	<u>189,4</u> 2,6	<u>380,2</u> 7,9	<u>189,4</u> 2,9	<u>170,6</u> 3,4

Таблица 4.18

Мощность, плотность и запас в абсолютно сухом состоянии  
лесной подстилки на ППП в берёзовых насаждениях

Показатель	Расстояние от источника поллютантов, км						
	3,8	4,7	6,4	8,5	13,1	17,5	31,0
Мощность, см	6,3±0,62	4,7±0,18	4,0±0,22	1,9±0,17	1,6±0,10	2,2±0,15	2,2±0,18
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	121,5	137,6	141,1	142,5	139,3	78,8	80,4
Запас, г/м <sup>2</sup> %	<u>7658,6</u> 100	<u>6454,6</u> 100	<u>5622,2</u> 100	<u>2719,8</u> 100	<u>2283,0</u> 100	<u>1764,8</u> 100	<u>1743,4</u> 100
в т. ч. по фракциям:							
Хвоя	<u>29,6</u> 0,4	<u>22,4</u> 0,3	<u>91,2</u> 1,6	<u>4,8</u> 0,2	<u>19,8</u> 0,9	<u>25,0</u> 1,4	<u>20,4</u> 1,2
Листья	<u>647,0</u> 8,4	<u>522,8</u> 8,1	<u>747,4</u> 13,3	<u>263,0</u> 9,7	<u>238,8</u> 10,5	<u>244,0</u> 13,8	<u>261,0</u> 14,9
Остатки ЖНП	<u>0,0</u> 0,0	<u>22,8</u> 0,4	<u>27,4</u> 0,5	<u>15,0</u> 0,5	<u>126,6</u> 5,5	<u>33,8</u> 1,9	<u>43,4</u> 2,5
Труха	<u>6806,4</u> 88,9	<u>5798,8</u> 89,8	<u>4614,4</u> 82,1	<u>2313,0</u> 85,0	<u>1818,4</u> 79,6	<u>1364,0</u> 77,3	<u>1348,0</u> 77,3
Кора	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>18,4</u> 0,3	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>37,8</u> 2,2	<u>8,2</u> 0,5
Ветви	<u>175,6</u> 2,3	<u>87,8</u> 1,4	<u>123,4</u> 2,2	<u>124,0</u> 4,6	<u>79,4</u> 3,5	<u>60,2</u> 3,4	<u>62,4</u> 3,6

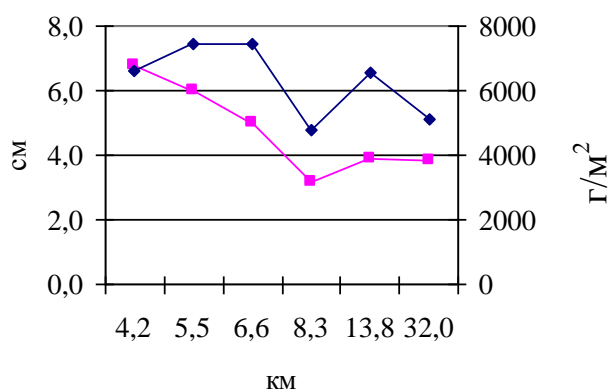
В сосняках наибольшее накопление подстилки зафиксировано на ППП, расположенных на расстояниях 5,5 и 6,6 км от ЗАО «Карабаш-медь». Особо следует отметить отсутствие в составе подстилки остатков живого напочвенного покрова на ППП, расположенной в 4,2 км от завода. С удалением от источника загрязнения доля этой фракции в составе лесной подстилки увеличивается. Лесная подстилка в сосновом насаждении в зоне максимального загрязнения (4,2 км) характеризуется также очень низкими долями хвои, которая примерно в 3–4 раза меньше, чем на ППП, расположенных на большем расстоянии от

завода. Четкого влияния расстояния от источника загрязнителей на долю других фракций лесной подстилки не прослеживается.

На всех ППП наибольшую долю в общей массе лесной подстилки составляет фракция «труха», соответственно в сосняках – 54,9–78,2 %, а в березняках – 77,3–89,9 %. Материалы табл. 4.17 и 4.18 свидетельствуют, что с приближением насаждений к ЗАО «Карабашмедь» происходит накопление лесной подстилки. Последнее подтверждает вывод о снижении скорости биохимических процессов и замедлении процессов деструкции с увеличением интенсивности загрязнения. Так, валовой запас подстилки на ППП 1Б (3,8 км) превышает аналогичный показатель на условно-контрольной ППП в 4,4 раза.

Для наглядности на рис. 4.16 представлены графики динамики мощности и запасов лесной подстилки в абсолютно сухом состоянии в зависимости от удалённости от источника промышленных загрязнителей.

А



Б

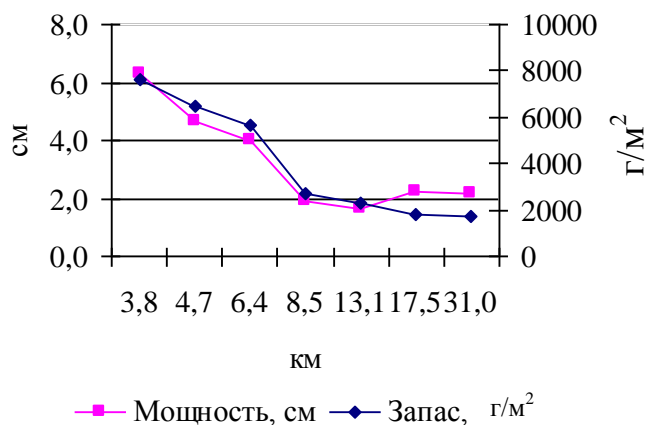


Рис. 4.16. Динамика показателей лесной подстилки с удалением от источника загрязнителей: А – в сосняках, Б – в березняках

Корреляционный анализ показал наличие значительной отрицательной связи между показателями мощности лесной подстилки в берёзовых насаждениях и расстоянием от источника поллютантов ( $r = 0,62$ ). С удалением от источника поллютантов наблюдается увеличение доли в составе подстилки фракций листья и остатки ЖНП, причём последняя на ППП 1Б (3,8 км) полностью отсутствует.

Установлен факт снижения показателя плотности лесной подстилки с приближением сосновых насаждений к источнику поллютантов. В березняках такая тенденция не прослеживается.

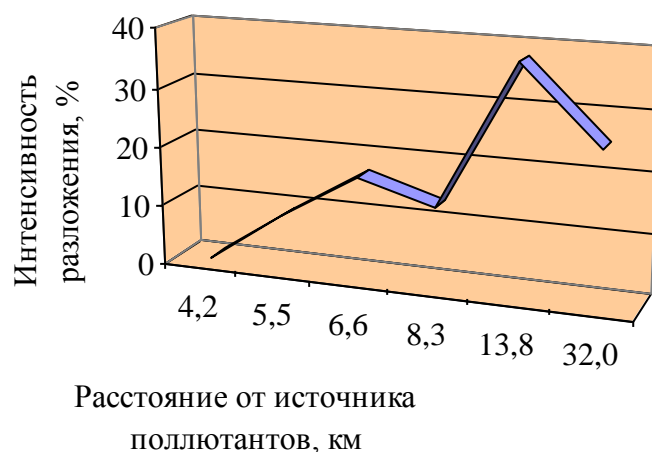
Некоторыми исследователями (Воробейчик и др., 1994; Юсупов и др., 1999 и др.) отмечается факт уменьшения толщины подстилки в непосредственной близости от завода (0–2 км), однако в районе наших исследований отсутствуют насаждения ближе 3,5 км от источника загрязнения, что не позволяет подтвердить или опровергнуть данную закономерность.

#### 4.5.2. Биологическая активность почв

Плодородие почв обуславливает биохимические процессы, лежащие в основе почвообразования. Показателями биологической активности почв (БАП) могут служить количественные характеристики численности и биомассы разных групп почвенной биоты, их общая продуктивность, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, ферментативная активность почв, а также количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвообитающих организмов (Юсупов и др., 1999). В почвенном покрове наиболее мощные потоки тяжелых металлов возникают вокруг предприятий черной и цветной металлургии, причем более 95 % их попадает в почву в виде техногенной пыли (Бондарев, 1976; Алексеев, 1987; Ильин, 1991). Воздействие аэропромвыбросов создаёт условия для развития и размножения микроорганизмов, которые ранее не были доминантными в лесной почве. Сукцессия популяций микроорганизмов имеет тенденцию к преобладанию бактериальной группы, которая характеризует подстилку с очень вялым течением мобилизационных процессов, вследствие этого разложение опада происходит очень медленно и он накапливается на поверхности почвы (Шебалова и др., 1990). В задачи наших исследований входило определение активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в зависимости от удаления от источника загрязнений в двух типах леса – сосняке и березняке

разнотравно-злаковых. Исследованиями установлено, что показатели БАП в насаждениях, расположенных на различном удалении от источника промышленных поллютантов, неоднозначны и находятся в интервале 0,5–37,9 % (сосняки) и 3,9–36,9 % (березняки) (рис. 4.17).

А



Б

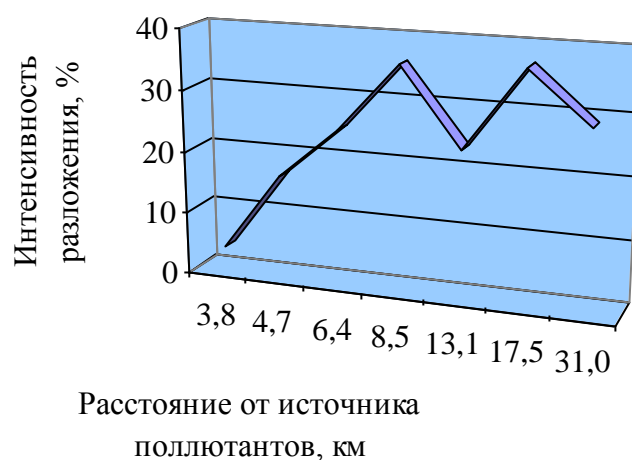


Рис. 4.17. Динамика интенсивности разложения целлюлозы в зависимости от удаления от ЗАО «Карабашмедь»: А – в сосняках, Б – в березняках

В сосновых насаждениях за период экспозиции наименьшему разложению подверглась тестовая ткань, заложенная на ППП, наиболее приближенной к ЗАО «Карабашмедь». Максимальная же интенсивность разложения отмечается на ППП, расположенной на расстоянии 13,8 км от источника загрязнения, и составляет 37,9 %, что превышает аналогичный показатель на условно-контрольной ППП на 12,5 %.

В берёзовых насаждениях минимальное значение показателя БАП (3,9 %) отмечается на ППП, находящейся на расстоянии 3,8 км от источника поллютантов. С удалением ППП от ЗАО «Карабаш-медь» до 8,5 км наблюдается постепенное увеличение данного показателя. Максимальное значение интенсивности разложения, равное 36,9 %, отмечено на ППП, удалённой от источника поллютантов на 17,5 км, что меньше значения аналогичного показателя на условно-контрольной ППП на 8,3 %.

Вследствие выполненных исследований экспериментально установлено, что в березняках процесс деструкции целлюлозы протекает быстрее, чем в сосняках.

Очевидно, что на интенсивность накопления органического вещества в насаждениях, в частности на мощность лесной подстилки, оказывает влияние биологическая активность почвы. Нами проведён регрессионный анализ зависимости показателя интенсивности разложения тестовой ткани от мощности лесной подстилки. В березняках данная зависимость описывается уравнением

$$y = 0,0028x^2 - 0,2487x + 7,3708, \quad (4.5)$$

где  $x$  – интенсивность разложения целлюлозы, %;

$y$  – мощность лесной подстилки, см.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,79$ .

В сосняках применимо следующее уравнение:

$$y = 0,0037x^2 - 0,2192x + 6,9201, \quad (4.6)$$

где  $x$  – интенсивность разложения целлюлозы, %;

$y$  – мощность лесной подстилки, см.

Величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,66$ .

#### 4.6. Опыт зонирования района исследований

Зонирование насаждений представляет собой процедуру обобщения комплекса данных о состоянии лесных экосистем и выделения границ отдельных зон, отличающихся по набору диагностических характеристик (Голиков, 2000).

Выделение зон вокруг медеплавильного предприятия позволяет оценить масштабы воздействия поллютантов на лесные насаждения, а также планировать лесохозяйственные мероприятия в лесах этих зон.

Различают степень опасности и степень повреждения (Wentzel, 1958). Степень опасности складывается из концентрации токсичных



веществ (воздействия вредных веществ) и индивидуальной сопротивляемости (порога раздражения). Для обнаружения степени опасности необходимы:

- сведения об источниках вредных веществ, такие как технические данные, вид и количество выбросов и др.;
- сведения об отношениях между промышленностью, лесом и полем, о форме местности, климате, почве и фитосоциологических отношениях;
- анализ воздуха;
- знание критических порогов восприимчивости растений к обнаруженным вредным веществам.

В табл. 4.19 представлены данные по содержанию тяжёлых металлов в снеге в окрестностях г. Карабаша (в северо-восточном направлении от источника поллютантов) в 1983–1984 гг. (по данным Степанова и др., 1992).

Таблица 4.19

Объединенные и нормированные данные  
по содержанию тяжёлых металлов в снеге (\*10<sup>-9</sup> г/г)

Расстояние от источника поллютантов, км	Mn	Zn	Cu	Fe	Cd	Co	Pb	Ni	Sb	Cr
3,8	49,6	50,8	48,7	35,4	4,7	90,6	27,4	74,6	40,7	72,5
5,5	55,5	74,3	63,0	46,8	11,7	67,2	25,3	84,9	100,0	78,3
6,0	24,7	37,2	23,9	29,7	8,8	45,5	18,8	84,2	58,2	43,5
9,0	13,1	17,9	17,5	28,0	29,6	39,6	13,4	82,0	22,6	37,7
12,0	7,6	19,9	11,3	23,6	51,6	43,8	5,8	58,8	21,6	58,0

Материалы табл. 4.19 свидетельствуют, что содержание тяжелых металлов в снеговой воде и, соответственно, поступление поллютантов в насаждение находятся в прямой зависимости от расстояния от источника выбросов.

Степень повреждения является суммой всех отрицательных морфологических, физиологических и продуктивных изменений в насаждениях. Для определения степени повреждения были разработаны многочисленные методы, в том числе лесоведческие: сравнительные данные о состоянии леса – внешнего вида кроны, степени облесения, прироста и т. д., а также исследования продуктивности насаждений, как, например, хронология годовых колец и прироста в высоту (Wentzel, 1958).

Ранее было проведено зонирование территории вокруг г. Карабаша Ю.З. Кулагиным (1964, 1974) и Г.С. Макуниной (1978) (см. п. 4.2). Нами осуществлено уточнение зонирования лесных насаждений, расположенных в северо-восточном секторе от источника поллютантов (ЗАО «Карабашмедь»).

Для идентификации насаждений и определения зон поражения нами использованы результаты исследований 22 ППП, заложенных в средневозрастных разнотравно-злаковых сосняках и березняках. Зоны выделялись с учётом следующих показателей: средний класс санитарного состояния древостоя; состояние естественного возобновления; продолжительность жизни хвои подроста сосны; видовое разнообразие и жизненное состояние подлеска; видовой состав и надземная фитомасса живого напочвенного покрова, количественные характеристики лесной подстилки.

После сопоставления признаков состояния насаждений на территории исследований нами выделены четыре зоны воздействия поллютантов на лесные насаждения в отличие от предыдущих исследователей. Каждая зона характеризуется определенным состоянием лесных экосистем. Возможно рассмотрение зон как определенных этапов дигрессивных сукцессий, выражающихся различными степенями подавления жизненных функций растений, мерой разрушения фитоценозов, снижения продуктивных способностей, усиления признаков деградации.

В окрестностях завода вследствие воздействия аэропромвыбросов и вырубок полностью лишена лесной растительности часть площади, а достаточно большие массивы ценных сосновых и лиственничных лесов сменились березняками. Полностью безлесный горный хребет Золотая гора подвергся сильнейшей водной эрозии. Почвенный покров оказался полностью смытым, в связи с чем на поверхность вышли горные породы. В нижней части склонов и по подошве горного хребта происходят размыв толщ делювия, интенсивное оврагообразование. Основная масса мелкоземистого материала выносится талыми и дождевыми водами в долину р. Миасс и откладывается в оз. Аргазы. По литературным данным Ю.З. Кулагина (1974), динамика лесной растительности в связи с возникновением и развитием медеплавильного завода представлена в следующем виде.

Вначале осуществлялась массовая рубка лиственничных и сосновых древостоев на горном хребте Золотая гора на нужды рудников и строящегося у основания его западного склона медеплавильного завода; с постепенным наращиванием его мощности усиливалось загрязнение атмосферного воздуха двуокисью серы. Осуществлялась

выборочная вырубка в окрестностях завода поврежденных и усыхающих древостоев сосны. Полностью лишенный лесной растительности горный хребет оказался в зоне постоянного воздействия промышленных поллютантов в связи с его расположением к востоку от завода и преобладанием ветров западных румбов. В результате семенное возобновление древесных пород полностью приостановилось. Одновременно началась интенсивная водная эрозия почвенного покрова на склонах и возникли сухие каменистые россыпи, весьма трудные для естественного возобновления. В дальнейшем резко повысилась мощность завода. Под влиянием увеличения объёмов аэропромвыбросов началось усыхание сосняков, которые массово вырубались. В результате разрушающего воздействия трелевки вырубаемой древесины и водной эрозии горные склоны почти полностью лишились почвенного покрова. Но одновременно на вырубках происходило возобновление березой повислой. Именно эти березняки и слагают в настоящее время лесную растительность в окрестностях завода – I зона (рис. 4.18). Зонирование территории по степени поражения сосновых и березовых насаждений приведено на рис. 4.19.



*Рис. 4.18. Березняк в зоне сильного поражения*





Рис. 4.19. Зонирование территории исследований по степени поражения;

..... – границы зон поражения;

I II III IV – зоны поражения;



– источник промышленных загрязнителей



I. Зона сильного поражения (0–4 км). Большая часть территории лишена лесной растительности. Сохранились лишь производные березняки, произрастающие по IV–V классам бонитета.

В насаждениях полностью отсутствуют такие компоненты, как подрост, подлесок, живой напочвенный покров. Санитарное состояние деревьев характеризуется как сильно ослабленное (средняя категория санитарного состояния 3,2). В черте города произрастают единичные усыхающие деревья сосны в возрасте более 120 лет.

II. Зона среднего поражения (4–6 км). Характеризуется появлением сосновых насаждений. Средняя категория санитарного состояния сосняков этой зоны 2,7–3,1, а березняков – 2,4–2,6 (рис. 4.20).



Рис. 4.20. Березняк в зоне среднего поражения

Насаждения произрастают по III классу бонитета. Встречаемость подроста сосны и березы в исследуемых сосняках разнотравно-злаковых этой зоны составляет 87–100 %, при доле жизнеспособного 55–86 %, а в березняках аналогичные показатели составляют 20–67 и 50–75 % соответственно. Максимальная продолжительность жизни хвой подроста сосны – 4–5 лет. Подлесок представлен ракитником русским и ивой козьей при доле сухих экземпляров 20–50 %. В составе живого напочвенного покрова преобладают виды семейства злаковых, хвощ лесной, орляк обыкновенный, клевер луговой. Надземная фитомасса ЖНП в сосняках варьирует в пределах 111– 327 кг/га, а в березняках – 50–92 кг/га. Характерно преобладание лесо- луговых видов. В насаждениях нарушен процесс деструкции органического вещества, о чем свидетельствуют довольно высокие показатели средней мощности лесной подстилки в сосняках (5,0–6,8 см) и в березняках (4,7–6,3 см).

III. Зона слабого поражения (6–13 км). Исследуемые нами средневозрастные разнотравно-злаковые сосняки и березняки произрастают по II–III классам бонитета. Средняя категория санитарного состояния древостоев в сосняках – 1,8–2,6, а в березняках – 1,9–2,2 (рис. 4.21). В составе естественного возобновления, помимо основных лесообразующих пород (сосны обыкновенной и березы повислой), участвуют осина, ель, пихта, лиственница. Доля жизнеспособного подроста составляет 80–100 % в сосновых и 67–93 % в березовых насаждениях. Продолжительность жизни хвой подроста сосны обыкновенной равна 6 годам. Подлесок представлен следующими породами: ракитник русский, ива козья, шиповник, рябина, яблоня, черёмуха, малина и др. с долей сухих экземпляров от 3 до 33 %. Наблюдается увеличение видового разнообразия живого напочвенного покрова. Появляются такие виды, как герань луговая, дудник лесной, жабрица порезниковая, земляника лесная, костяника, манжетка лесная, черника, седмичник европейский, буквица лекарственная и др. Наибольшую долю в общей фитомассе ЖНП занимают лесные виды. Средняя мощность лесной подстилки в сосняках составляет 3,2–5,0 см, а в березняках – 1,9–4,0 см.

IV. Зона очень слабого поражения – фоновая (более 13 км). Как и в зоне слабого поражения, исследуемые нами древостои произрастают по II–III классам бонитета. Средняя категория санитарного состояния сосняков 1,6–1,8, а березняков – 1,7–1,9 (рис. 4.22). Критериями выделения этой зоны являются снижение общей густоты подроста (в сосновых насаждениях до 5–15 тыс. шт./га и в берёзовых насаждениях до 4 тыс. шт./га), а также большое соответствие видового разно-



образия ЖНП насаждений с таковым на условно-контрольных ППП. По нашему мнению, сильно развитый живой напочвенный покров фоновой зоны поражения обуславливает снижение появления всходов и влияет на дальнейшее развитие подроста. Показатель средней мощности лесной подстилки в сосновых насаждениях равен 3,9 см, а в березовых насаждениях находится в пределах 1,6–2,2 см.



*Рис. 4.21.* Березняк в зоне слабого поражения



*Рис. 4.22.* Березняк в зоне очень слабого поражения

Сложно расчленённый рельеф местности создаёт непростую картину распределения аэропромвыбросов, вследствие этого вытягивание зон поражения с учетом розы ветров не представляется возможным.

Из всех специализированных рубок ухода в зонах сильного и среднего поражения промышленными поллютантами нами рекомендуется лишь проведение санитарных выборочных рубок, т. е. уборка сухостоя с целью снижения пожарной опасности. Что касается зон слабого и очень слабого поражения, то произрастающие в них припевающие, спелые и перестойные сосняки могут являться объектами рубок обновления, а березняки – переформирования. Переформированию мягколиственных насаждений в Южно-Уральском лесостепном районе посвящена работа А.С. Оплетаетова (2013), в которой убедительно доказана лесоводственная эффективность этих рубок. Нами же сделана попытка изучения лесоводственной эффективности рубок обновления в сосновых насаждениях, произрастающих в зонах слабого и среднего поражения ЗАО «Карабашмедь», о чем пойдет речь в следующей главе.

## Выводы

1. Основными выбросами медеплавильного предприятия ЗАО «Карабашмедь» являются диоксид серы (около 90 %), оксид углерода, неорганическая пыль, оксид меди, оксид цинка, кроме того, свинец, мышьяк, диоксид азота. Объем выбросов за период с 1907 по 2013 гг. составил 14,5 млн т.

2. Объектами исследований служили сосновые и березовые насаждения, расположенные на расстоянии 3,8–17,5 км от источника промышленных поллютантов. Условно-контрольные ППП заложены в северном направлении от ЗАО «Карабашмедь» и удалены на расстояние 31,0 км (березовое насаждение) и 32,0 км (сосновое насаждение).

3. Санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев в радиусе 5–6 км от источника промышленных выбросов характеризуется как сильно ослабленное, на большем удалении – как ослабленное.

4. Даже на расстоянии 31 и 32 км древостои не могут по показателю средней категории санитарного состояния быть оценены как здоровые. Последнее позволяет отнести ППП КС и ППП КБ к условно-контрольным, или фоновым.

5. Зависимость санитарного состояния сосновых древостоев от расстояния от источника промышленных поллютантов описывается



линейным уравнением  $y = -0,022x + 2,60$  (величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,51$ ), а берёзовых –  $y = -0,13x + 2,94$  (величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,83$ ).

6. Деревья сосны, произрастающие в березняках, и деревья берёзы, произрастающие в сосняках, характеризуются лучшими показателями санитарного состояния по сравнению с таковыми в чистых насаждениях. Следовательно, можно предположить, что смешанные насаждения более устойчивы к промышленным поллютантам, чем чистые.

7. Влияние аэропромвыбросов ЗАО «Карабашмедь» на состояние естественного возобновления неоднозначно. Если на расстоянии менее 5 км влияние промышленных поллютантов определено негативно, то на большем расстоянии нами не установлено тенденции изменения показателей густоты, встречаемости, жизнеспособности подроста в зависимости от расстояния до источника поллютантов.

8. Установлена зависимость между показателем продолжительности жизни хвои, охвоенностью побегов, средней массой, длиной хвои и удалённостью насаждений от источника поллютантов.

9. По мере приближения к источнику аэропромвыбросов:

- а) обедняется видовой состав подлеска;
- б) уменьшается средняя высота и густота;
- в) снижается коэффициент встречаемости.

10. По мере приближения насаждений к источнику аэропромвыбросов происходит обеднение видового состава и снижение общей надземной фитомассы живого напочвенного покрова. Так, в насаждениях, находящихся на расстоянии до 5 км от источника поллютантов, надземная фитомасса в 5–10, а количество видов в 1,5–5 раз меньше таковых в аналогичном типе леса на условно-контрольных ППП. Березняк, расположенный на расстоянии 3,8 км от ЗАО «Карабашмедь» (ППП 1Б), полностью лишен травянистой растительности.

11. Наиболее чувствительными к промышленным выбросам ЗАО «Карабашмедь» являются лесные виды, о чём свидетельствует снижение доли лесного цено типа ЖНП и увеличение лесолугового с приближением насаждений к источнику поллютантов.

12. Наиболее толерантными к аэропромвыбросам ЗАО «Карабашмедь» являются виды семейства злаковых, клевер луговой, брусника, мать-и-мачеха обыкновенная, орляк обыкновенный.

13. Сравнимые ППП, расположенные на различном удалении от источника поллютантов в сосняках и березняках, достоверно не

различаются по доле общих для них видов, т. е. схожи по флористическому составу, о чем свидетельствуют превышения вычисленных значений критерия Фишера  $F_{\text{выч}}$  над табличными  $F_{\text{табл}}$ .

14. Промышленные поллютанты ЗАО «Карабашмедь» изменяют фракционный состав лесной подстилки. В частности, в непосредственной близости от завода в составе подстилки отсутствуют остатки живого напочвенного покрова и резко сокращается доля хвои.

15. В сосновых и берёзовых насаждениях минимальные значения показателей БАП (0,5 и 3,9 % соответственно) отмечаются на расстоянии 4,2 и 3,8 км от ЗАО «Карабашмедь». В березняках процесс деструкции целлюлозы протекает быстрее, чем в сосняках, в среднем в 1,4 раза.

16. Предложен вариант зонирования территории вокруг ЗАО «Карабашмедь», включающий четыре зоны поражения. Указанное зонирование может лечь в основу лесоводственных мероприятий в прилегающих к ЗАО «Карабашмедь» насаждениях.

## **5. РЕАКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ПРОВЕДЕНИЕ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ В КЫШТЫМСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ**

### **5.1. Характеристика экспериментальных объектов**

#### **5.1.1. Характеристика рекреационных ресурсов Кыштымского лесничества**

Рекреационные ресурсы Кыштымского городского округа представлены большими массивами хвойных и лиственных насаждений. Необыкновенно живописен горный рельеф территории (наличие горных спусков). Уникальные природные памятники привлекают туристов со всего Урала и России. В Кыштымском городском округе располагаются следующие рекреационные объекты:

- около 14 рек;
- более 40 озер площадью 170,348 км<sup>2</sup>, в том числе 7 площадью свыше 2 км<sup>2</sup>;
- более 100 родников;
- 2 санатория («Дальняя дача», «Лесное озеро»);
- более 10 баз и домов отдыха;
- 4 детских лагеря;
- 4 памятника археологии и истории (в том числе Сугомакская пещера, озеро Увильды, озеро Сугомак);
- 3 крупных спортивных объекта, пригодных для проведения соревнований областного, российского и международного уровня.

Большим рекреационным потенциалом обладают близкие к г. Кыштыму озера. Самым известным не только на Урале, в России, но и за рубежом является озеро Увильды, расположенное в 15 км к югу от Кыштыма. После Байкала Увильды занимает второе место по прозрачности воды, это одно из глубоководных озер России (38 м). Оно относится к 100 ценнейшим водоемам мира. Вода в озере пресная, чистая, прозрачная, на озере 48 островов. Самый крупный остров – Березовый, затем Голодай. Чистейшая вода, целебные грязи, радоновые источники – все эти природные дары озера используют санатории и курорты, расположенные вокруг него.

Гидрографическая сеть округа представлена в основном озерами, соединенными между собой естественными и искусственными протоками.

На территории Кыштымского городского округа располагаются следующие памятники природы.

1. Сугомакский природно-территориальный комплекс, который представляет собой уникальное по своей красоте и живописности творенье природы. Он расположен на обширной территории на северо-западе от г. Кыштыма. В комплекс входят следующие объекты: горы Егоза и Сугомак, озеро Сугомак, Голая сопка, а также Сугомакская пещера.

2. Гора Сугомак. Это вторая по высоте гора (591 м над у.м.) к западу от г. Кыштыма, наиболее известная и чаще всего посещаемая туристами. Сугомакская гора – это, собственно, не одна, а три горы. Все три вершины Сугомака заняты участками реликтовой горной лесостепи. Ученые выделили Сугомакскую горную лесостепь как редкий ботанический памятник.

3. Озеро Сугомак – памятник природы областного значения, водоем первой категории. Озеро Сугомак расположено у подножия Сугомакских гор в двух километрах к западу от Кыштыма. Оно является источником питьевого водоснабжения г. Кыштыма. На озере пять островов: Рыбачий, Малиновый, Охотничий, Утиный и Березовый, все они, особенно последний, являются местами отдыха туристов. Здесь много удобных стоянок. Отдыхающим можно погулять по берегу, полюбоваться красивыми пейзажами, послушать пение птиц. Площадь озера 2,93 км<sup>2</sup>, глубина 2–3 м, длина береговой линии около 15 км. Озеро вытянуто с севера на юг на 4 км, средняя ширина 1,5 км. Восточные и северные берега четко выражены, сложены кристаллическими породами, покрыты сосновым лесом. В прибрежной полосе вокруг озера запрещена охота, рубка леса, распашка земель, строительство любых объектов (рис. 5.1).

4. Голая сопка. С северной части озера Сугомак расположена Голая сопка. Это горка, которая всего на 50–60 м выше уровня озера. Название сопки говорит само за себя. С юга ее покрывает лишь небольшая травка. Подняться на горку лучше пешком, а заехать можно только на внедорожнике, так как склон скалист и очень крут. С вершины сопки открывается вид на живописную панораму озера Сугомак.

5. Сугомакская карстовая пещера – это единственная пещера на Урале, которая образована водой в мраморной породе. На территории России таких пещер встречается очень мало. Расположена в 7 км от

г. Кыштыма в небольшом изолированном массиве белого мелкозернистого полосчатого мрамора. Пещера состоит из трех гротов, первые два соединяются узкой скальной щелью, второй и третий – четырехметровым узким колодцем, который обрывается двухметровым отвесом. Постановлением правительства Челябинской области от 23.12.1985 г. № 553 Сугомакской пещере присвоен статус памятника природы. Сугомакская поляна, на которой находится пещера, является любимым местом отдыха жителей округа и туристов. Здесь проводятся региональные фестивали русской народной песни «Русский хоровод». Возле пещеры находится большая поляна, название которой Марьяна, а родник на поляне имеет название «Марьяны слезы». Родник красиво обустроен, и в выходные дни к нему приезжает целая вереница свадеб, чтобы попить чистой и вкусной воды и бросить в воду монетки на счастье. На поляне до сих пор можно найти следы старателей, которые добывали здесь золото.



*Рис. 5.1. Озеро Сугомак*

6. Стела «Европа – Азия». По Челябинской области проходит условная граница между Европой и Азией – водораздел по хребтам Уральских гор и реке Урал. Этот своеобразный символ двух частей света, двух пространств чрезвычайно влечет к себе туристов.

7. Каменные ворота – скала диковинной формы, образовалась под воздействием ветра в гранитогнейсовой породе в скале, почти

круглое сквозное отверстие. Каменные ворота – излюбленное место отдыха альпинистов, которые проводят в здешних местах свои тренировки и соревнования.

8. Дунькин сундук и Самсонкин гроб. Данные объекты представляют природные изваяния из камня, созданные самой природой. С ними связаны легенды о жертвенной любви молодых людей, живших когда-то на территории Кыштыма. Эти памятники являются местами паломничества влюбленных пар.

За последние годы во всех странах мира наиболее стабильно развивается экологический туризм. Для Кыштымского городского округа экологический туризм является составной частью сегодняшних туров по внутреннему и въездному туризму, особенно по маршрутам выходного дня, поскольку здесь сосредоточены многие красивейшие и популярные объекты туризма и отдыха. В окрестностях города располагается множество заказников с большим количеством природных и историко-археологических памятников, являющихся экскурсионными объектами.

Бурное развитие экологического туризма в округе оказывает существенное влияние на состояние природных объектов в результате их большой популярности и посещаемости (Муниципальная целевая программа..., 2010).

Несомненно, особое рекреационное значение имеют леса, расположенные вблизи населенных пунктов.

Рекреационные леса — функциональный, а не административный термин. В наибольшей степени эту роль играют парки и городские леса, леса зеленых зон, зон охраны курортов и источников водоснабжения. Рекреационные леса выполняют следующие функции:

1) санитарно-гигиеническую – очистка воздуха и воды, снижение количества и активности патогенных микроорганизмов;

2) создания обстановки для отдыха, в том числе активного (туризм, охота, рыбная ловля, сбор грибов и ягод);

3) создания обстановки, благотворно влияющей на психику человека и его художественное восприятие;

4) оздоровительную – путем ионизации воздуха, насыщения его фитонцидами;

5) образовательную – экологическое воспитание детей. По образному выражению В.А. Чивилихина (1983), благородное величие стволов и крон дает отдохновение глазу, а их безмолвие и покой лечат душу от суетливости. Следовательно, помимо рекреационных функций, пригородные леса выполняют также водоохранную, защитную, образовательную и другие функции. Основная категория пригород-

ных лесов — зеленые зоны городов и поселков. Формально их выделяют вокруг населенных пунктов по нормативам (на тысячу жителей), увеличивая норму в малолесных районах, особенно возле промышленных предприятий. В среднем радиус зеленой зоны вокруг районных центров составляет около 10 км, областных — 30 км. Зеленые зоны делят на лесопарковую и лесохозяйственную части с разной системой мероприятий. В лесопарковой хозчасти проводят преимущественно санитарные рубки и рубки формирования ландшафтов. В лесохозяйственной части разрешается проведение выборочных рубок в расчете на естественное возобновление. Рубки в лесах зеленых зон имеют некоторые особенности, о которых речь пойдет далее. Леса зеленых зон подвержены сильному антропогенному воздействию: вытаптывание травы, повреждение подроста и подлеска, уплотнение почвы с ухудшением ее водно-физических свойств (Сеннов, 2011).

Состояние таких лесов усугубляется, если к рекреационным нагрузкам добавляется влияние промышленных поллютантов. Известно, что при их длительном воздействии на лесные насаждения происходит поэтапная дигрессия последних. В зависимости от длительности и интенсивности воздействия проявляются различные негативные изменения лесных насаждений.

В лесах, поврежденных рекреационными нагрузками, промышленными поллютантами и иными негативными воздействиями, проведение лесоводственных мероприятий должно обеспечивать формирование лесных насаждений, устойчивых к указанным факторам повреждения. Поскольку это леса рекреационные, то эту задачу должно решать проведение ландшафтных рубок. Ими формируются открытые (поляны с единичными деревьями), полуоткрытые (участки древостоев сомкнутостью 0,3–0,5 с равномерным или групповым размещением деревьев по площади), закрытые (участки древостоев полнотой 0,6–1,0) ландшафты. Целью их проведения также является улучшение состава древостоев и качества деревьев; изменение пространственного размещения деревьев по площади лесных участков; формирование опушек; разреживание подроста и подлеска (Правила ухода за лесами, 2007). Но ландшафтные рубки не отвечают задачи омоложения насаждений.

Для решения этих задач в защитных лесах было предложено проведение рубок обновления и переформирования. Это нашло отражение в практических рекомендациях по проведению рубок ухода в лесах Урала (Теринов, 1991).

### 5.1.2. Описание экспериментальных объектов

Район проведения исследований граничит с территориями двух городских округов – Кыштымского и Карабашского. Экологическая ситуация Кыштымского городского округа является удовлетворительной. Фактор, отрицательно влияющий на экологическую обстановку, – наличие на территории округа более 49 предприятий, имеющих источники выбросов. Всего источников 1001 (организованные и неорганизованные). Мониторинг экологической обстановки на территории округа является приоритетной задачей органов местного самоуправления и предприятий. Систематически проводятся природоохранные мероприятия, внедряются более эффективные системы очистки и современные технологии производства. По данным функционирующей автоматической системы экологического радиационного мониторинга, уровень гамма-фона на территории округа колеблется от 10 до 14 мкР/ч, что является допустимой нормой гамма-фона для жизни и отдыха людей (Муниципальная целевая программа..., 2010). Экологическая ситуация Карабашского городского округа является неблагоприятной. Её характеристика подробно описана в п. 4.1 данной работы.

Рубки обновления назначаются в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях с целью их омоложения и для сохранения и усиления их целевых функций (рекреационных, водоохранных, эстетических и др.). Такие рубки широко проводились в защитных лесах Южного Урала в период с 1991 по 2011 гг. В принятых Наставлениях по рубкам ухода в лесах Урала (1994) были даны организационно-технические параметры проведения рубок обновления. В лесах Кыштымского лесничества Челябинской области накоплен значительный опыт проведения таких рубок. С целью обобщения и изучения этого опыта нами была заложена серия пробных площадей в сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса, пройденных в разные годы опытно-производственными рубками обновления равномерно-постепенным способом.

Таким образом, было заложено 10 ПП (ПП 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10К) на территории Кыштымского участкового лесничества и 12 ПП (ПП 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22К) на территории Карабашского участкового лесничества. Контрольные ПП 10К и ПП 22К заложены нами в высокополнотных спелых сосновых насаждениях, в которых рубки не проводились.

Отметим, что леса, в которых нами проводились исследования, являются рекреационными, поскольку расположены в зеленых зонах



г. Кыштыма и г. Карабаша. То есть эти лесные насаждения испытывают рекреационную нагрузку. Кроме того, согласно рекомендуемому нами зонированию все заложенные нами ПП на территории Карабашского участкового лесничества, в том числе и контрольная ПП 22К, находятся в зоне слабого поражения (на расстоянии 6–9 км от ЗАО «Карабашмедь»), а Кыштымского, в том числе и контрольной ПП 10К, – в зоне очень слабого поражения (фоновой) промышленными поллютантами.

Для повышения устойчивости таких лесных насаждений необходимо стремиться к формированию сложных смешанных разновозрастных древостоев с наличием подроста, подлеска и живого напочвенного покрова под пологом.

При исследовании лесоводственной эффективности рубок немаловажное значение имеет знание технологии их проведения. Анализ имеющихся материалов показал, что при проведении рубок обновления использовалась механизированная технология на базе бензомоторных пил и трелевочных тракторов с канатно-чокерным оборудованием. Освоение лесосек велось с применением среднепасечной или беспасечной технологии разработки. При проведении рубок обновления в сосняках, где заложены ПП 17, 20 и 21, применялась среднепасечная технология разработки лесосек, на всех остальных – беспасечная. Для сохранения лесной среды и уменьшения повреждения почвы и подроста рубки обновления выполнялись в зимний период, за исключением насаждения, где заложена ПП 18, в котором рубки проведены летом. Среднепасечная технология разработки лесосек характеризовалась шириной пасек 30–40 м при ширине пасечных и магистральных трелевочных волоков 4 м. На лесосеках организовывались по две погрузочные площадки размером 30 х 40 м, которые располагались по возможности у дорог и квартальных просек, на полянах, прогалинах и других не покрытых лесом площадях. При наличии на лесосеке дорог и естественных прогалин применялась беспасечная технология разработки лесосеки с трелёвкой хлыстов по имеющимся естественным волокам. При этом количество и размеры погрузочных пунктов соответствовали таковым при среднепасечной технологии. При назначении деревьев в рубку применялась хозяйственно-биологическая классификация, согласно которой все деревья распределялись на три категории: лучшие, вспомогательные и нежелательные, подлежащие удалению. Подготовительные работы проводились до разработки лесосеки и состояли из уборки опасных деревьев, подготовки погрузочных пунктов и зон безопасности. Основные лесосечные работы включали следующие технологические операции: валку деревьев, обрезку сучьев, трелёвку хлыстов и раскряжевку их на

верхнем складе. При проведении рубок обновления учитывались лесоводственные требования по сохранению почвы, не назначенных в рубку деревьев и подроста. Очистка лесосек осуществлялась огневым способом: сбором порубочных остатков в кучи и последующим сжиганием их в пожаробезопасный период.

### 5.1.3. Таксационная характеристика древостоев экспериментальных объектов

Для установления таксационных показателей древостоев на заложенных нами в период с 2013 по 2015 гг. ПП был произведен сплошной пересчет всех деревьев, а также замер высот у 20–25 модельных деревьев на каждой ПП для определения средней высоты древостоя. Данные об основных таксационных показателях сосняков Кыштымского участкового лесничества до проведения в них рубок обновления, после проведения рубок и на момент исследования приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные таксационные показатели сосновых древостоев ПП, заложенных в Кыштымском участковом лесничестве

№ ПП	Со- став дре- востоя	Эле- мент леса	Воз- раст, лет	Средние		Пол- нота	Запас, м³/га	Интен- сив- ность рубки, %	Класс бони- тета
				высота, м	диаметр, см				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	До рубки, 1991 г.								
	7С3С	С	150	25	36	0,5	260	-	II
		С	45	13	14	0,5	100		
		Итого	-	-	-	1,0	360		
	После рубки, 1991 г.								
	8С2С	С	45	13	14	0,5	100	99	II
		С	160	26	40	-	30		
		Итого	-	-	-	0,5	130		
	Спустя 22 года после рубки, 2013 г.								
	9С1С	С	67	16,1	17,9	0,9	170	-	II
		С	172	26,2	41	-	30		
		Итого	-	-	-	0,9	200		
2	До рубки, 1993 г.								
	10С	С	150	24	36	0,4	123	-	II
	После завершающего приема рубки, 1993 г. Подрост сосны в количестве 4,7 тыс. шт./га в пересчете на крупный								
	Спустя 20 лет после завершающего приёма рубки, 2013 г.								
	10С	С	40	18,7	25,5	0,88	300	99	II

Продолжение табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	До рубки, 1-й приём, 1997 г.								
	7С3С	С	150	24	36	0,5	240	-	II
		С	33	10	12	0,4	80		
		Итого	-	-	-	0,9	320		
	После рубки, 1997 г.								
	6С4С	С	150	24	36	0,3	130	35	II
С		33	12	13	0,4	80			
Итого		-	-	-	0,7	210			
3	До рубки, 2-й приём, 2004 г.								
	5С5С	С	157	25	40	0,3	140	-	II
		С	40	15	16	0,5	130		
		Итого	-	-	-	0,8	270		
	После рубки, 2004 г.								
	10С	С	40	15	16	0,5	130	50	II
	Спустя 9 лет после 2-го приёма рубки, 2013 г.								
10С	С	50	16,2	16,1	0,6	178	-	II	
4	До рубки, 1-й приём, 1998 г.								
	10С	С	150	24	36	0,6	200	-	II
	После рубки, 1998 г.								
	10С	С	150	24	36	0,4	130	35	II
	До рубки, 2-й приём, 2005 г.								
	5С5С	С	160	25	40	0,3	140	50	II
		С	40	15	16	0,5	140		
		Итого	-	-	-	0,8	280		
	После рубки, 2005 г.								
	10С	С	40	15	16	0,5	140	50	II
	Спустя 8 лет после 2-го приёма рубки, 2013 г.								
10С	С	40	16,5	19,8	0,6	180	-	II	
5	До рубки, 1-й приём, 1998 г.								
	10С	С	150	24	40	0,6	250	-	II
	После рубки, 1998 г.								
	10С	С	150	24	40	0,3	150	40	II
	Спустя 15 лет после 1-го приёма рубки, 2013 г.								
	7С3С	С	165	21,8	46,3	0,5	215	-	II
С		40	11,1	8,0	0,4	76			
Итого		-	-	-	0,9	291			
6	До рубки, завершающий приём, 1993 г.								
	10С	С	150	24	40	0,4	300	-	II
	После завершающего приема рубки в 1993 г. интенсивностью 100 %								
	Подрост сосны в количестве 4,8 тыс. шт./га в пересчете на крупный								
	Спустя 20 лет после завершающего приёма рубки, 2013 г.								
	10С	С	40	13,1	11,2	0,9	221	-	II
7	До завершающего приема рубки интенсивностью 100 %, 1995 г.								
	10С	С	150	24	40	0,4	300	-	II

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	После завершающего приёма рубки интенсивностью 100 %, 1995 г.								
	Подрост сосны в количестве 5,5 тыс. шт./ га в пересчете на крупный								
	Спустя 18 лет после завершающего приёма рубки, 2013 г.								
	10С	С	40	13,3	11,5	1,0	246	99	II
8	До рубки, завершающий приём, 1993 г.								
	10С	С	150	24	40	0,4	200	-	II
	После завершающего приема рубки интенсивностью 100 %, 1993 г..								
	Подрост сосны в количестве 4,8 тыс. шт./га в пересчете на крупный								
	Спустя 20 лет после завершающего приёма рубки, 2013 г.								
	10С	С	40	13,1	11,4	1,0	256	-	II
9	До рубки, 1-й приём, 1999 г.								
	10С	С	120	25	40	0,7	350	-	II
99	После рубки, 1999 г.								
	10С	С	120	25	36	0,4	228	35	II
	До рубки, 2-й приём, 2007 г								
	8С2С	С	120	25	40	0,5	235	-	II
		С	36	9	9	0,3	50		
		Итого	-	-	-	0,8	285		
	После завершающего 2-го приема рубки обновления, 2007 г.								
	7С3С	С	36	9	9	0,3	50	74	II
		С	127	25	40	-	25		
		Итого	-	-	-	0,3	75		
	Спустя 7 лет после завершающего приёма рубки, 2013 г.								
	7С3С	С	42	10,5	12	0,4	75	-	II
		С	133	25	40	-	30		
		Итого	-	-	-	0,4	105		
10К	Контрольная ПП								
	10С		130	26	36	1,2	433	-	II

Материалы табл. 5.1 свидетельствуют о следующем. Пробные площади заложены в сосняках, пройденных рубками обновления интенсивностью 35–100 % в период с 1991 по 2007 гг. Пробная площадь ПП 1 была заложена в двухъярусном сосновом насаждении. Первый ярус был представлен 150-летней сосной, второй – 45-летней. В процессе рубок обновления на площади 1,9 га верхний ярус был удален с оставлением обсеменителей. Другими словами, на ПП 1 в 1991 г. был выполнен завершающий прием рубок обновления. На участке площадью 1,9 га проведенными ранее рубками было сформировано двухъярусное насаждение, которое завершающим приемом рубок переформировано в одноярусное 45-летнее насаждение с отдельными старовозрастными деревьями сосны. Наши исследования показали, что оставление обсеменителей при наличии второго яруса или подроста

сосны предварительной генерации в количестве более 4 тыс. шт./га в пересчете на крупный нецелесообразно. Последующая уборка обсеменителей связана со значительными техническими трудностями и приводит к повреждению сформировавшихся молодняков. Особо следует отметить, что малая площадь лесосеки обеспечивает налет семян сосны от стен леса (Залесов, Бачурина, 2013).

Спустя 22 года после проведения рубок обновления на участке сформировалось высокополнотное сосновое насаждение с запасом стволовой древесины 200 м<sup>3</sup>/га.

Пробная площадь 2 была заложена в низкополнотном сосновом насаждении (полнота 0,4), под пологом которого насчитывалось более 4,7 тыс.шт./га подроста сосны в пересчете на крупный. В 1993 г. на участке был проведен завершающий прием рубок обновления с максимальным сохранением имеющегося подроста предварительной генерации. Соблюдение технологии лесосечных работ обеспечило формирование спустя 20 лет после указанных рубок обновления высокополнотного соснового насаждения из подроста предварительной генерации.

Участок, на котором заложена пробная площадь ПП 3, был в 1997 г. представлен двухъярусным насаждением. В первом ярусе произрастали 150-летние сосны, во втором – 33-летние. При этом полнота первого яруса равнялась 0,5, а второго – 0,4. На участке были проведены двухприемные равномерно-постепенные рубки обновления. При первом приеме рубки интенсивностью 50 % полнота верхнего яруса была снижена до 0,3, а при завершающем приеме рубки, проведенном спустя 7 лет после первого, верхний ярус был удален полностью. Спустя 9 лет после второго приема рубки на участке сформировалось 50-летнее сосновое насаждение из подроста и второго яруса (рис. 5.2).

Полнота древостоя на ПП 4 составляла в 1998 г. 0,6, поэтому участок был пройден первым приемом рубки интенсивностью 35 %. Спустя 7 лет после первого приема на участке сформировалось двухъярусное насаждение. Первый ярус был представлен оставленной на доращивание частью древостоя, а второй сформировался из подроста предварительной генерации. В 2005 г. проведены рубки обновления интенсивностью 50 %, в процессе которых был удален верхний ярус и сформировалось одноярусное сосновое насаждение полнотой 0,5 и запасом 140 м<sup>3</sup>/га. Второй ярус хорошо адаптировался, и спустя 8 лет после завершающего приема на ПП 4 произрастал сосновый древостой полнотой 0,6 и запасом 180 м<sup>3</sup>/га.



Рис. 5.2. Внешний вид ПП 3

Пробная площадь ПП 5 была заложена в 150-летнем сосновом насаждении (рис. 5.3).

В процессе рубок обновления на площади 4,4 га древостой пройден рубками обновления интенсивностью 40 %. После рубки на площади остался материнский древостой с полнотой 0,3 и запасом  $150 \text{ м}^3/\text{га}$ . Кроме того, на ПП 5 после проведения первого приема рубки имелось 4 тыс. шт./га подроста сосны в пересчете на крупный. Последний прием позволил к 2013 г. сформировать на участке двухъярусный сосновый древостой. При этом первый ярус представлен 165-летними деревьями материнского древостоя, а второй – 40-летними деревьями, которые сформировались из подроста предварительной и сопутствующей генераций. На участках без подроста были проведены меры содействия естественному возобновлению (создание плужных борозд и подсев семян лиственницы). Спустя 15 лет после первого приема рубок на данной площади сформировалось высокополнотное хвойное насаждение. Запас стволовой древесины составлял более  $290 \text{ м}^3/\text{га}$ , а полнота древостоя – 0,9.





Рис. 5.3. Двухъярусное сосновое насаждение с подростом сосны и лиственницы (ПП 5)

Пробная площадь ПП 6 была заложена в 150-летнем сосновом насаждении. В процессе рубок обновления на площади 0,6 га древостой был удален с оставлением обсеменителей. На момент проведения исследования в насаждении имелся 20-летний сосновый подрост предварительной генерации в количестве 6,0 тыс. шт./га. Из этого подроста спустя 20 лет после проведения рубок на данной площади сформировалось высокополнотное сосновое насаждение (рис. 5.4). Запас стволовой древесины составлял более 220 м<sup>3</sup>/га.

По таксационным характеристикам участок, где была заложена ПП 7, отличается от ПП 6 лишь первоначальной густотой подроста предварительной генерации и количеством сохраненного подроста. Так, на ПП 6 эти показатели равны 6,0 тыс. шт./га и 4,8 тыс. шт./га, а на ПП 7 – соответственно 7,0 тыс. шт./га и 5,5 тыс. шт./га. И, как показали исследования, проведенные в 2013 г., из сохраненного подроста предварительной генерации на этой площади сформировалось 40-летнее сосновое насаждение с запасом 246 м<sup>3</sup>/га (Залесов, Бачурина, 2014).



*Рис. 5.4.* Высокополнотное сосновое насаждение (ПП 6)

На участке, где заложена пробная площадь ПП 8, в результате проведения рубки также произошло обновление насаждений. На данном участке был сохранен 20-летний сосновый подрост в количестве 4,8 тыс. шт./га. Сейчас на этой площади имеется 40-летний сосновый древостой с полнотой 1,0 и запасом стволовой древесины 256 м<sup>3</sup>/га взамен удаленного 20 лет назад 150-летнего перестойного древостоя.

В 1999 г. на пробной площади ПП 9 полнота древостоя составляла 0,7, поэтому участок был пройден первым приемом рубки интенсивностью 35 %. Спустя 8 лет после первого приема на участке сформировалось двухъярусное насаждение. Первый ярус был представлен оставленной на доращивание частью древостоя, а второй сформировался из подроста предварительной генерации. В 2007 г. был проведен 2-й приём рубки с интенсивностью 74 %. На момент исследования сформировался 40-летний древостой с полнотой 0,4 с оставшимися семенниками, которые нужно убрать (Залесов и др., 2015).

Контрольная пробная площадь ПП 10К заложена в 130-летнем высокополнотном (полнота древостоя составляет 1,2) сосновом



насаждении с запасом стволовой древесины 433 м<sup>3</sup>/га, не пройденным рубками обновления.

Исследования, проведенные на ПП, заложенных в Кыштымском участковом лесничестве, показали очень высокую эффективность рубок обновления в спелых и перестойных сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса. При наличии подроста предварительной и сопутствующей генераций в насаждениях с полнотой 0,5 и ниже при единовременном удалении материнского древостоя формируются высокополнотные хвойные молодняки.

Рубки обновления в высокополнотных спелых и перестойных насаждениях интенсивностью до 50 % создают условия для формирования подроста, а затем второго яруса из сосны, что в дальнейшем при условии удаления материнского древостоя вторым приемом рубки обеспечивает замену спелых и перестойных насаждений сосновыми молодняками без искусственного лесовосстановления.

Оставление обсеменителей при проведении завершающего приема рубки нецелесообразно, поскольку рубки обновления проводятся на небольших лесосеках (как правило, площадь последних не превышает 5,0 га) и под пологом древостоев имеется густой подрост предварительной и сопутствующей генераций.

Период между приемами рубок в высокополнотных сосняках следует сократить до 5–7 лет, поскольку данного срока достаточно для адаптации подроста сосны к новым экологическим условиям. Количество приемов рубки также можно сократить до двух, поскольку сосна в насаждениях исследуемого типа леса характеризуется высокой устойчивостью против ветра. Увеличение количества приемов рубки приводит к неоправданно завышенному повреждению деревьев второго яруса и подроста сосны.

На территории Карабашского участкового лесничества ПП заложены в сосняках, пройденных первым приемом рубок обновления различной интенсивности в период с 1999 по 2011 гг. В табл. 5.2 представлены данные об основных таксационных показателях сосняков до проведения в них рубок обновления, после проведения рубок и на момент исследования.

Материалы табл. 5.2 свидетельствуют, что интенсивность изреживания на ПП варьирует от 16 до 32 %, что согласно существующей шкале (Правила ухода за лесом..., 2007) соответствует группам: слабая – 11–20, умеренная – 21–30 и умеренно высокая – 31–40 %. Интенсивность рубки устанавливалась исходя из таксационных характеристик древостоев. Как правило, большей первоначальной полноте соответствовала большая интенсивность.

Приведем анализ изменения таксационных характеристик древостоев до и после проведения в них рубок обновления.

Таблица 5.2

Основные таксационные показатели сосновых древостоев III, заложённых в Карабашском участковом лесничестве

№ ПП	Состав древостоя	Эле- мент леса	Воз- раст, лет	Средние		Полно- та	Запас, м³/га	Интен- сивность рубки, %	Класс бони- тета
				высо- та, м	диа- метр, см				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	До рубки, 2008 г.								
	7СЗБ	С	140	25	32	0,5	182	-	III
		Б	140	22	22	0,2	78		
		Итого	-	-	-	0,7	260		
	После рубки, 2008 г.								
	8С2Б	С	140	25	32	0,5	180	19	III
		Б	140	22	22	0,1	32		
		Итого	-	-	-	0,6	212		
	Спустя 6 лет после рубки, 2014 г.								
	9С1Б	С	146	26	32	0,6	188	-	III
		Б	146	21	20	0,1	32		
		Итого	--	-	-	0,7	220		
12	До рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	120	25	32	0,5	213	-	III
		Б	110	20	19	0,2	92		
		Итого	-	-	-	0,8	305		
	После рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	120	25	32	0,5	186	22	III
		Б	110	20	19	0,1	52		
		Итого	-	-	-	0,6	238		
	Спустя 7 лет после рубки, 2014 г.								
	8С2Б	С	127	25	33	0,8	202	-	III
		Б	117	20	19	0,1	57		
		Итого	-	--	-	0,9	259		
13	До рубки, 2008 г								
	7СЗБ	С	100	23	32	0,5	194	-	III
		Б	100	19	20	0,2	76		
		Итого	-			0,7	270		
	После рубки, 2008 г.								
	7СЗБ	С	100	23	32	0,5	166	17	III
		Б	100	19	20	0,1	58		
		Итого	-	-	-	0,6	224		
	Спустя 6 лет после рубки, 2014 г.								
	8С2Б	С	106	23	32	0,5	179	-	III
		Б	106	20	20	0,1	59		
		Итого	-	-	-	0,6	238		

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	До рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	105	23	35	0,5	190	-	II
		Б	70	21	23	0,2	70		
		Итого	-	-	-	0,7	260		
	После рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	105	23	32	0,4	161	21	II
		Б	70	21	23	0,1	44		
		Итого	-	-	-	0,5	205		
	Спустя 7 лет после рубки, 2014 г.								
	8С2Б	С	112	23	33	0,5	170	-	II
Б		77	21	23	0,1	46			
Итого		-	-	-	0,6	216			
15	До рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	105	23	39	0,5	238	-	II
		Б	70	23	21	0,3	84		
		Итого	-	-	-	0,8	322		
	После рубки, 2007 г.								
	7СЗБ	С	105	23	36	0,5	159	32	II
		Б	70	23	21	0,1	60		
		Итого	-	-	-	0,6	219		
	Спустя 7 лет после рубки, 2014 г.								
	7СЗБ+Е+П	С	112	23	36	0,5	162	-	II
		Б	77	23	21	0,2	61		
		Е	-	10	8	-	7		
		П	-	10	8	-	5		
		Итого	-	-	-	0,7	234		
16	До рубки, 1999 г.								
	7СЗБ+Е	С	90	23	28	0,4	205	-	II
		Б	60	20	22	0,2	78		
		Е	-	8	8	-	7		
		Итого				0,6	290		
	После рубки, 1999 г.								
	7СЗБ+Е	С	90	23	24	0,4	160	20	II
		Б	60	20	20	0,1	65		
		Е	-	8	8	-	7		
		Итого				0,5	232		
	Спустя 15 лет после рубки, 2014 г.								
	7С2Б1Е	С	105	24	26	0,6	203	-	II
		Б	75	21	21	0,2	67		
		Е	-	12	11	-	20		
		Итого	-	-	-	0,8	290		
17	До рубки, 2010 г.								
	8С1Е1Б	С	101	23	27	0,6	243	-	II
		Е	101	20	26	0,1	46		
		Б	71	21	23	0,1	44		
		Итого	-	-	-	0,8	333		

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	После рубки, 2010 г.								
	7С2Е1Б	С	101	23	27	0,5	193	15	II
		Е	101	20	26	0,1	46		
		Б	71	21	23	0,1	44		
		Итого	-	-	-	0,7	283		
	Спустя 4 года после рубки, 2014 г.								
	7С2Е1Б+Е	С	105	23	27	0,6	195		II
		Е	105	20	26	0,1	46		
		Б	76	21	23	0,1	44		
		Е	-	8	8	-	7		
Итого		-	-	-	0,8	292			
18	До рубки, 2011 г..								
	8С2Б	С	90	23	27	0,63	184	-	II
		Б	60	19	23	0,14	37		
		Итого	-	-	-	0,77	221		
	После рубки, 2011 г.								
	8С2Б	С	90	23	27	0,6	148	19	II
		Б	60	19	22	0,1	31		
		Итого	-	-	-	0,7	179		
	Спустя 3 года после рубки, 2014 г.								
	8С1Б1Е	С	93	23	28	0,6	150	-	II
Б		60	19	22	0,1	31			
Е		-	8	8	-	11			
Итого		-	-	-	0,7	192			
19	До рубки, 2000 г.								
	6С1С3Б	С	85	22	26	0,4	143	-	II
		С	130	24	44	0,1	39		
		Б	60	20	20	0,1	78		
		Итого	-	-	-	0,6	260		
	После рубки, 2000 г.								
	6С4Б	С	85	22	26	0,4	140	16	II
		Б	60	20	20	0,1	78		
		Итого	-	-	-	0,5	218		
	Спустя 14 лет после рубки, 2014 г.								
6С1С3Б	С	99	23	30	0,5	163	-	II	
	С	30	11	10	-	27			
	Б	74	22	23	0,3	98			
	Итого	-	-	-	0,8	288			
20	До рубки, 2000 г.								
	7С3Б	С	110	22	32	0,5	223	-	III
		Б	70	21	24	0,2	87		
		Итого	-	-	-	0,7	310		

Окончание табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	После рубки, 2000 г.								
	7СЗБ	С	110	22	28	0,5	185	17	III
		Б	70	21	24	0,1	72		
		Итого	-	-	-	0,6	257		
	Спустя 14 лет после рубки, 2014 г..								
	8С2Б+Ос	С	124	23	32	0,6	196	-	III
		Б	84	21	26	0,2	82		
		Ос	-	-	8	-	12		
Итого					0,8	290			
21	До рубки, 2010 г.								
	8С2Б+Ос	С	121	22	35	0,6	250	-	II
		Б	61	21	23	0,3	59		
		Ос	-	-	-	-	15		
		Итого	-	-	-	0,9	324		
	После рубки, 2010 г.								
	8С2БедОс	С	121	22	32	0,5	213	21	II
		Б	61	21	23	0,2	39		
		Ос	-	-	-	-	4		
		Итого	-	-	-	0,7	256		
	Спустя 4 года после рубки, 2014 г.								
	8С2БедОс	С	125	23	33	0,5	219	-	II
		Б	65	21	23	0,2	39		
Ос		40	20	20	-	4			
Итого		-	-	-	0,7	264			
22К	Контрольная ПП								
	10С	С	110	27	40	1,2	356	-	III

ПП 11 заложена в перестойном насаждении, где 6 лет назад на площади 2,7 га была проведена рубка обновления интенсивностью 19 %. В этом насаждении имелся крупный подрост сосны и берёзы густотой 9,0 тыс. шт./га. Результатом проведения рубки явились создание насаждения с полнотой 0,7, а также увеличение доли сосны в составе древостоя на две единицы (рис. 5.5).

Последнее объясняется тем, что рубка проводилась преимущественно за счет перестойных деревьев березы. Кроме того, условия, сформированные проведением рубок обновления, способствовали лучшему росту деревьев сосны, что обеспечило увеличение её доли до девяти единиц в формуле состава спустя 6 лет после проведения первого приема рубок обновления.

Анализируя последствия проведения первого приема рубок обновления на ПП 11, можно отметить и некоторые недостатки. В частности, интенсивность рубки 19 % явно недостаточна, поскольку в

указанном возрасте береза не может обеспечить значительный прирост, а следовательно, и выполнять защитные функции. Кроме того, уборка деревьев березы в первый прием рубки позволила бы в будущем с меньшими затратами формировать хвойный молодняк из подроста предварительной и сопутствующей генераций.



*Рис. 5.5. Внешний вид  
древостоя ПП 11 спустя  
7 лет после проведения  
первого приема рубок  
обновления  
с интенсивностью 19 %*

В 120-летнем насаждении с составом 7СЗБ в 2007 г. в результате проведения первого приема рубок обновления было изъято 22 % древесины со снижением полноты с 0,8 до 0,6. На этом участке также имелся крупный подрост сосны и березы густотой 3,0 тыс. шт./га. Здесь была заложена ПП 12. Исследования, проведенные в 2014 г., показали, что состав древостоя изменился на одну единицу в сторону увеличения доли сосны. Изменение показателей средней высоты и среднего диаметра древостоя не произошло. Объяснением этому

может служить то, что часть деревьев из подроста перешло в древостой. Для первого приема рубок обновления на ПП 12 характерны те же недостатки, что и для рубок обновления на ПП 11. В отличие от рубок обновления в Кыштымском участковом лесничестве в Карабашском участковом лесничестве рубки проводились значительно меньшей интенсивностью, что не позволило создать условия для формирования второго яруса после проведения первого приема рубки. Снижение полноты древостоя до 0,6, на наш взгляд, не решает главную задачу проводимых рубок – омоложение древостоя. При указанной интенсивности изреживания в древостой переходят лишь отдельные экземпляры крупного подроста, произрастающие в окнах древесного полога. Основная же масса подроста продолжает оставаться в угнетенном состоянии и слабо реагирует на вышеуказанную интенсивность древесного полога. Кроме того, как и на ПП 11, нецелесообразно в 110-летнем возрасте оставлять для дальнейшего выращивания деревья березы.

ПП 13 заложена в насаждении, в котором в 2008 г. на площади 3,7 га проведен первый прием рубок обновления слабой интенсивности (17 %). На этом участке имелся редкий сосновый подрост густотой 1 тыс. шт./га. В результате, как видно из табл. 5.2, после проведения рубки произошло снижение запаса на  $46 \text{ м}^3/\text{га}$  и, как следствие, полноты на 0,1 единицы, а также увеличилась доля сосны в составе за счет вырубки березы (рис. 5.6).

Как и на описанных ранее ПП 11 и 12, снижение полноты древостоя до 0,6 не обеспечивает формирование второго яруса из подроста предварительной генерации. Для насаждения, пройденного первым приемом рубки, характерна также слабая реакция деревьев березы, оставленных для дальнейшего выращивания. За 6 лет после рубки их запас увеличился лишь на  $1 \text{ м}^3/\text{га}$ , что, конечно же, не может быть охарактеризовано как положительное достижение.

Если учесть, что прирост древесины является интегральным показателем выполнения насаждением большинства защитных функций, то оставление деревьев березы старше 100 лет при проведении рубок обновления абсолютно неоправданно.

Несмотря на то, что по таксационным характеристикам участок, где была заложена ПП 14, схож с участком ПП 13, здесь в 2007 г. провели рубку обновления интенсивностью 21 %, что характеризует ее как умеренную. Специфической особенностью ПП 14 по сравнению с ПП 13 является наличие здесь до проведения рубки подроста средней густоты (5 тыс. шт./га). Кроме того, на этой ПП береза оказа-



лась значительно (30 лет) моложе, чем на ПП 13. Однако и на ПП 14 интенсивность первого приема рубки оказалась недостаточной для формирования второго яруса. Другими словами, при проведении первого приема рубок обновления в сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса в условиях Карабашского участкового лесничества не учтено высокое светолюбие подроста сосны. К моменту проведения исследований на этом участке запас древостоя увеличился на  $6 \text{ м}^3/\text{га}$  и на одну единицу в составе возросла доля сосны обыкновенной.



*Рис. 5.6. Сосняк, пройденный 7 лет назад рубками обновления интенсивностью 17 % (ПП 13)*

Первый прием рубок обновления умеренно высокой интенсивности был проведен на участке 105-летнего соснового насаждения площадью 3,0 га. В этом насаждении была заложена ПП 15 (рис. 5.7).

Особо следует отметить, что, несмотря на относительно высокую полноту древостоев на ПП 15 до проведения первого приема рубок



обновления, здесь имел место крупный подрост, в частности, ели и пихты. Снижение полноты древостоя до 0,6 создало условия для выхода части крупного подроста указанных древесных пород в древесный полог. К сожалению, недостаточная, на наш взгляд, интенсивность изреживания не позволила перейти в древостой крупному подросту сосны и второй ярус из более молодых деревьев спустя 7 лет после рубки не сформировался.



*Рис. 5.7. Сосновое насаждение  
ПП 15 спустя 7 лет после  
проведения рубки обновления  
интенсивностью 32 %*

Положительным результатом проведения рубок обновления явилось появление в составе древостоя темнохвойных пород – ели и пихты, а также изменение основных таксационных показателей древостоев.

На участке площадью 1,8 га в 90-летнем насаждении составом 7СЗБ+Е, где в 1999 г. проведена рубка обновления, была заложена ПП 16. Проведение рубки обеспечивало сохранение жизнеспособного подроста, густота которого до проведения рубки составляла 3,5 тыс. шт./га. Однако за 15 лет, прошедшие после проведения первого приема рубок обновления, изменение условий произрастания

не обусловило формирование второго яруса. Другими словами, интенсивность изреживания оказалось недостаточной. Особо следует отметить, что на изреживание хорошо отреагировали оставленные на дорастивание деревья сосны, обеспечившие значительный прирост древесины.

В качестве рекомендаций по повышению лесоводственной эффективности первого приема рубок обновления на ПП 16 можно отметить необходимость увеличения интенсивности изреживания и снижение полноты до 0,4. Кроме того, при назначении деревьев в рубку предпочтение следует отдавать не деревьям сосны, а деревьям березы, несмотря на то, что они младше по возрасту. В 60-летнем возрасте береза уже является спелой и дальнейшее её выращивание нецелесообразно. Мы считаем, что при условии снижения полноты до 0,4 и уборке при этом спелых деревьев березы за 15 лет после первого приема рубки мог сформироваться второй ярус из соснового подроста предварительной генерации, а подгоном ему служила порослевая береза.

Проведение первого приема рубки обновления на участке, где заложена ПП 17, привело к изменению состава древостоя.

Если учесть, что ель менее устойчива к рекреационным нагрузкам, такое изменение состава древостоя вряд ли оправданно. Кроме того, условия произрастания в насаждениях указанной группы типов леса более благоприятны для произрастания сосны, что подтверждается изменением запаса древостоя и сосны и ели после проведения первого приема рубок обновления.

Кроме того, увеличение доли ели в составе древостоя будет способствовать накоплению подроста ели и в конечном счете смене рекреационных сосняков на ельники, что можно охарактеризовать как процесс нежелательный для насаждений данной категории защитности.

Высказанная точка зрения подтверждается данными перерасчетов, выполненными спустя 4 года после проведения первого приема рубок обновления. В составе древостоя уже имеет место тонкомер ели, сформировавшийся из крупного подроста, с запасом 7 м<sup>3</sup>/га. Логично предположить, что в будущем может сформироваться и второй ярус ели.

Аналогичная ситуация складывается и на ПП 18, заложенной в 90-летнем сосновом насаждении, где на участке 1,7 га в 2011 г. проведено обновление интенсивностью 19 % (рис. 5.8). За счет вырубки части деревьев сосны и березы в составе древостоя появилась одна единица ели. Полагаем, что при сохранении указанной тенденции

снизится как рекреационная привлекательность насаждений, так и их устойчивость.



*Рис. 5.8. 90-летний сосняк, пройденный рубками обновления 3 года назад (ПП 18)*

Особо следует отметить, что мы не выступаем за полное удаление ели как вида на исследуемых площадях, но против смены рекреационно устойчивых и привлекательных сосняков на ельники. Деревья ели и её подрост целесообразно сохранять куртинами на удалении от тропинойной сети. При этом повысится устойчивость ели, увеличится разнообразие, а следовательно, и рекреационная привлекательность насаждений.

В среднеполнотном сосняке с составом древостоя 6С1С3Б на участке площадью 1,7 га, где заложена ПП 19, проведен первый прием рубок обновления в 1999 г. При этом был вырублен ярус сосны возрастом 130 лет и часть деревьев сосны второго яруса. До проведения рубки в насаждении имелся 15-летний подрост составом 10С и



густотой 10 тыс. шт./га. Состав древостоя после изреживания 6С4Б, а спустя 15 лет – 6С1С3Б, т. е. за счет подроста сосны образовался второй ярус возрастом 30 лет.

Опыт проведения рубок обновления на ПП 19, на наш взгляд, наиболее удачный. Данные табл. 5.2 наглядно свидетельствуют, что рубками удалось снизить возраст древостоев и сформировать сложное насаждение. Однако оставление березы в возрасте 60 лет абсолютно неоправданно. Участок нуждается в проведении очередного приема рубки с целью уборки 74-летних деревьев березы. Проведение рубок также обеспечит завершение формирований двухъярусного соснового насаждения.

На участке площадью 17 га в 110-летнем сосняке, где в 2000 г. были проведены рубки обновления, заложена ПП 20. При исходной полноте 0,7 интенсивность рубки составила 17 %, что не обеспечило в будущем формирование второго яруса из подроста предварительной генерации. Кроме того, в процессе проведения рубок обновления были созданы условия для роста крон деревьев березы, что ставит под сомнение возможность формирования второго яруса из сосны в ближайшем будущем.

В результате состав насаждения сразу после проведения рубки изменился с 7С3Б до 8С2Б, а на момент проведения исследования к 2014 г. в составе древостоя зафиксирована осина: 8С2Б+Ос.

В сосновом насаждении VII класса возраста заложена ПП 21. Здесь в 2010 г. проведена рубка обновления интенсивностью 21 %. До проведения рубки в насаждении имелся очень редкий (менее 1 тыс. шт./га) подрост составом 10С. В результате выборки части деревьев не произошло существенного изменения состава древостоя.

Для анализа лесоводственной эффективности рубок обновления и сравнения показателей заложена контрольная пробная площадь ПП 22К в 110-летнем сосновом насаждении, не пройденном рубками обновления, с запасом стволовой древесины 356 м<sup>3</sup>/га и полнотой древостоя 1,2 (рис. 5.9).

Таким образом, в настоящее время на ПП сформировались насаждения с запасом от 165 до 290 м<sup>3</sup>/га, произрастающие по II и III классам бонитета. Из всех исследуемых нами насаждений высокополнотными (с полнотой древостоя 0,8 и выше) являются произрастающие на ПП 16, ПП 17 и ПП 20. В них необходимо проведение второго приёма рубки со снижением полноты древостоя до 0,4, причем в рубку на ПП 17 желательно назначить деревья ели для избежания

смены пород. На остальных ПП целесообразно проведение завершающего приёма рубки.



*Рис. 5.9. Контрольная ПП 22К, заложённая в 130-летнем сосновом насаждении*

## **5.2. Влияние рубок обновления на естественное возобновление**

### **5.2.1. Оценка естественного возобновления после рубок обновления**

Естественное возобновление – это образование нового поколения леса естественным путем. Как правило, возобновление леса рассматривается по древесной растительности и оценивается по наличию и характеру молодого поколения древесных растений (всходы, подрост, их количество, размещение, распределение по породам, состоянию и т.д.).



Возобновление леса зависит от условий среды. На него влияют климат, почва, фауна, лесные пожары и другие экологические факторы. Недостаточная освещенность под пологом леса затрудняет поселение светолюбивых пород, ослабляет фотосинтез самосева и подроста и затрудняет их существование. Условия для возобновления под пологом меняются со временем с изменением древостоя и других компонентов. Имеет значение изменение сомкнутости древесного полога в результате естественного изреживания в связи с рубкой отдельных деревьев, под влиянием лесных пожаров и т.д. Проведение минерализации почвы также содействует обильному появлению всходов и подроста (рис. 5.10). Обеспечивая большее проникновение света, тепла и влаги, изреживание способствует созданию благоприятных условий для возобновления леса. Однако удаление части деревьев может создать условия для разрастания светолюбивой травянистой растительности, затрудняющей накопление подроста. Поэтому в лесоводстве важное значение имеет определение оптимальной для возобновления сомкнутости древостоя. Это означает не только благоприятную микроклиматическую обстановку (прежде всего освещенность), но и другие зависящие от сомкнутости элементы, влияющие на возобновление, прежде всего характер развития живого напочвенного покрова. Оптимальная сомкнутость зависит от биологических особенностей древесных пород, этапа возобновления, а также лесорастительных условий.



*Рис. 5.10.* Обильный самосев и подрост сосны после проведения минерализации почвы в Кыштымском лесничестве

Поэтому применительно к конкретным лесорастительным условиям и этапам возобновления необходимо определение наилучшей сомкнутости древостоев. Существуют общие, средние придержки. Так, например, по данным И.С. Мелехова (1980), для самосева сосны благоприятная обстановка создается в южных районах при сомкнутости 0,5–0,6, в северных – при 0,3–0,4.

Известно, что сосна обыкновенная благодаря пластичности корневой системы растет как на песках, так и на болотах и даже на гранитных скалах. Она нетребовательна к составу, качеству и влажности почв. Однако лучшая почва для сосны – песчаная, хорошо дренированная. Профессор Г.Н. Высоцкий считал, что лучшая почва для возобновления сосны – это отсутствие всякой почвы (Высоцкий, 1962а). Так, например, нами обнаружены всходы сосны, произрастающие на пнях (рис. 5.11).



Рис. 5.11. Всходы сосны на пне на ПП 16

В исследуемых сосновых насаждениях на ПП подрост представлен следующими породами: сосной обыкновенной, березами повислой и пушистой, елью обыкновенной, пихтой сибирской, осиной, лиственницей Сукачева, ольхой серой.

Характерными внешними признаками повреждения подроста являлись побурение хвои, пожелтение листьев, ажурность кроны, слом стволика или его наклон.

Характеристика жизнеспособного подроста на ПП, заложенных в сосняках Кыштымского участкового лесничества, представлена в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Характеристика жизнеспособного подроста  
на ПП Кыштымского участкового лесничества, шт./га / %

№ ПП	Давность рубки, лет	Интен- сив- ность рубки, %	Состав подроста	Густота подроста в пересчете на крупный, тыс. шт./га / встречаемость, %			Всего, шт./га/ общая встреча- емость, %
				Сосна	Берёза	Лист- венни- ца	
1	22	99	10С	$\frac{5,3}{93}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{5,3}{93}$
2	20	99	8С2Б	$\frac{3,6}{87}$	$\frac{0,7}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4,3}{87}$
3	14 9	35 50	9С1Б	$\frac{14,5}{100}$	$\frac{1,0}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{15,5}{100}$
4	15 8	35 50	10С+Б	$\frac{4,7}{73}$	$\frac{0,1}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{4,8}{73}$
5	15	40	9С1ЛцедБ	$\frac{23,3}{93}$	$\frac{0,1}{20}$	$\frac{3,3}{7}$	$\frac{26,7}{100}$
6	20	100	10С	$\frac{1,7}{80}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,7}{80}$
7	18	100	10С	$\frac{2,5}{80}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2,5}{80}$
8	20	100	10С	$\frac{2,3}{60}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2,3}{60}$
9	14 7	35 74	10СедБ	$\frac{29,1}{100}$	$\frac{0,3}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{29,4}{100}$
10К	-	-	10С+Б	$\frac{6,6}{80}$	$\frac{0,2}{7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{6,8}{80}$

Материалы табл. 5.3 свидетельствуют, что результатом одно-двухприемных рубок обновления стали молодые сосновые насаждения. Это означает, что рекреационные сосновые древостои можно заменить молодыми высокопродуктивными сосновыми насаждениями, не прибегая к искусственному лесовосстановлению. Количество подроста варьирует по пробным площадям от 1,7 до 29,4 тыс. шт./ га при встречаемости от 60 до 100 %. Другими словами, продолжается накопление подроста сосны на пробных площадях. На контрольной ПП 10К, заложенной в высокополнотном 130-летнем сосновом насаждении, не подвергавшемся проведению рубок, густота подроста в пересчете на крупный составляет 6,8 тыс. шт./га.



Очень густой подрост в количестве 29,4 тыс. шт./га зафиксирован нами на ПП 9 (рис. 5.12). Причиной его формирования послужило проведение двух приемов рубок обновления умеренно высокой (35 %) и очень высокой (74 %) интенсивности. В этом насаждении уже после проведения первого приема рубки в 1999 г. полнота древостоя была снижена до 0,4, а спустя 8 лет был выполнен завершающий прием рубки, в результате которого сохранился сосновый молодняк с полнотой 0,3. На момент проведения исследований древостой является низкополнотным и поэтому не создаёт особой конкуренции для появления всходов и накопления подроста. По нашему мнению, на данной ПП необходима уборка оставленных после проведения второго приема рубки в качестве обсеменителей деревьев материнского полога. Данные о количестве подроста через 7 лет после завершающего приема рубки наглядно свидетельствуют, что оставление обсеменителей нецелесообразно.



*Рис. 5.12. Очень густой подрост сосны обыкновенной на ПП 9*

Минимальная густота подроста из всех исследуемых ПП установлена нами на ПП 6 – 1,7 тыс. шт./га. Этому факту имеется объяснение. На указанной ПП произрастает высокополнотный 40-летний сосновый молодняк, который сформировался из подроста предварительной генерации после проведения завершающего приема рубки

обновления интенсивностью 100 % в 1993 г. Высокая сомкнутость древесного полога в данных условиях является лимитирующим фактором для процессов накопления подроста сосны. Особо следует отметить, что отсутствие подроста создаёт в данном насаждении особую рекреационную привлекательность, снижает пожарную опасность и препятствует переходу возможных низовых пожаров в верховые. Общеизвестно, что наличие подроста в насаждении этого возраста повышает пожарную опасность, создавая вертикальную сомкнутость древесного полога и способствуя переходу низового пожара в верховой. Другими словами, незначительное количество подроста сопутствующей и последующей генераций в 40-летних рекреационных сосняках следует рассматривать не как недостаток рубок обновления, а как их достоинство. Необходимо отметить, что состав подроста практически соответствует составу древесных пород в древостое, что указывает на отсутствие процесса смены пород, а значит, и на лесоводственную эффективность проведения рубок обновления.

Отметим также, что на ПП 5, где были проведены меры содействия естественному возобновлению (создание плужных борозд и посев семян лиственницы), состав подроста на момент исследования 9С1ЛцедБ (рис. 5.13).



*Рис. 5.13. Молодняк лиственницы на ПП 5, сформировавшийся в результате проведения мер содействия естественному возобновлению*

Для обеспечения нормального развития хвойного молодняка на ПП 5 в настоящее время требуется провести окончательную уборку верхнего полога древостоя. Другими словами, необходимо проведение завершающего приема рубок обновления. Путем проведения завершающего приема рубки экспериментально доказывается возможность формирования разновозрастных хвойных насаждений, обеспечивающих максимальное выполнение полезных экологических функций в защитных лесах.

Перейдем к анализу состояния жизнеспособного подроста на ПП, заложенных в сосняках Карабашского участкового лесничества (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Характеристика жизнеспособного подроста  
на ПП Карабашского участкового лесничества

№ ПП	Давность рубки, лет	Интенсивность рубки, %	Состав подроста	Густота подроста в пересчете на крупный, тыс. шт./га /встречаемость, %							Всего, тыс.шт./га/ общая встречаемость, %
				Сосна	Ель	Пихта	Лиственница	Берёза	Осина	Ольха	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	15	20	4С4Е2Б+Ос	<u>5,5</u> 73	<u>4,7</u> 53	-	-	<u>1,7</u> 40	<u>0,4</u> 7	-	<u>12,3</u> 80
19	14	16	8С2ОседБ	<u>13,0</u> 93	-	-	-	<u>1,0</u> 27	<u>2,5</u> 53	-	<u>16,5</u> 93
20	14	17	7С2Б1Ос+Ол	<u>4,4</u> 87	-	-	-	<u>1,5</u> 13	<u>0,9</u> 13	<u>0,2</u> 13	<u>7,0</u> 93
14	7	21	7С2Б1Е+Ос	<u>5,9</u> 67	<u>0,8</u> 7	-	-	<u>1,5</u> 27	<u>0,3</u> 7	<u>0,1</u> 7	<u>8,6</u> 80
12	7	22	7С2Б1Ос	<u>13,3</u> 46	-	-	-	<u>1,0</u> 20	<u>0,9</u> 7	-	<u>15,2</u> 67
11	6	19	6С2Б2Ос+Е	<u>8,3</u> 80	<u>0,2</u> 7	-	-	<u>3,5</u> 67	<u>3,4</u> 47	-	<u>15,4</u> 100
13	6	17	8С1Б1Ос	<u>13,8</u> 87	-	-	-	<u>1,5</u> 27	<u>1,1</u> 13	-	<u>16,4</u> 93
15	7	32	10С+БедЛщедЕ	<u>20,2</u> 93	<u>0,1</u> 7	-	<u>0,3</u> 13	<u>0,6</u> 20	-	-	<u>21,2</u> 100



Окончание табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	4	15	9Е1С	$\frac{0,5}{7}$	$\frac{6,4}{73}$	-	-	-	-	-	$\frac{6,9}{100}$
21	4	21	10С+Б+Ос	$\frac{23,7}{100}$	-	-	-	$\frac{1,1}{7}$	$\frac{1,4}{20}$	-	$\frac{26,2}{100}$
18	3	19	7С2Б1Е+П	$\frac{5,1}{47}$	$\frac{0,5}{47}$	$\frac{0,5}{7}$	-	$\frac{1,4}{33}$	-	-	$\frac{7,5}{87}$
22К	-	-	10С+БедОседЕ	$\frac{4,8}{100}$	$\frac{0,1}{13}$	-	-	$\frac{0,5}{7}$	$\frac{0,1}{7}$	-	$\frac{5,5}{100}$

Материалы табл. 5.4 свидетельствуют о широком видовом разнообразии подроста. Почти на всех ПП, за исключением ПП 17, в составе подроста присутствуют 3 и более древесных породы, что, несомненно, является положительным признаком в характеристике его состояния (рис. 5.14).



Рис. 5.14. Подрост сосны обыкновенной, ели обыкновенной и березы пушистой на ПП 18

Общее количество подроста варьирует на ПП от 6,9 до 26,2 тыс. шт./га, т. е. согласно существующей шкале соответствует группам от средней до очень высокой густоты.

Наибольшая густота подроста (26,2 тыс. шт./га) зафиксирована нами на ПП 21. В этом насаждении в 2010 г. в высокополнотном сосняке VII класса возраста провели рубки обновления интенсивностью 21 % древесины по запасу, что отразилось на снижении сомкнутости полога и, как следствие, увеличении освещенности. Результатом этого в настоящее время явилось наличие большого количества мелкого соснового подроста высотой до 0,5 м (рис. 5.15).



Рис. 5.15. Подрост высотой до 0,5 м на ПП 21, пройденной рубкой обновления в 2010 г.

Отметим, что на большинстве ПП, в том числе и на контрольной ПП 22К, в составе подроста в количестве 1–2 единиц и менее присутствует осина. Известно, что отношение к этой древесной породе в лесной науке неоднозначное. Однако, по нашему мнению, как сопутствующая древесная порода, особенно в лесах, имеющих рекреационное значение, ее наличие приветствуется. На рис. 5.16 представлен подрост осины, произрастающей на ПП 13.

Особо следует отметить, что, несмотря на проведение рубок обновления в сосновых насаждениях одной группы типов леса, количественные показатели подроста, а также его видовой состав в условиях Кыштымского и Карабашского участковых лесничеств сильно отличаются. Причинами подобного факта являются следующие. Во-первых, исследуемые сосняки Кыштымского участкового лесничества



произрастают в фоновых условиях, а Карабашского – в зоне слабого загрязнения промышленными поллютантами ЗАО «Карабашмедь». Последнее объясняет, в частности, примесь березы в составе исследуемых сосновых древостоев в Карабашском участковом лесничестве. Во-вторых, интенсивность рубок обновления выше в Кыштымском участковом лесничестве, где относительная полнота древостоев снижалась до 0,3–0,4, а в Карабашском – до 0,5–0,7. Другими словами, режим изреживания в условиях Кыштымского участкового лесничества был благоприятен для подроста сосны обыкновенной, а в Карабашском участковом лесничестве – для подроста ели и пихты.



*Рис. 5.16. Подрост осины, произрастающей на ПП 13*

Согласно существующим критериям (Правила лесовосстановления, 2016) встречаемость более 65 % характеризует размещение подроста как равномерное, 40–64 – неравномерное, менее 40 % – групповое.

Показатель общей встречаемости (более 65 %) характеризует равномерное размещение подроста на всех ПП, кроме ПП 8, на которой показатель встречаемости подроста 60 %. Что касается встречаемости подроста отдельно по породам, то здесь можно отметить следующее. Подрост сосны расположен равномерно на большинстве ПП.



Исключение составляют ПП 8, ПП 12, ПП 17, ПП 18, где показатель встречаемости подроста сосны равен соответственно 60, 46, 7 и 47 %, что указывает на его неравномерное и групповое размещение (рис. 5.17).



*Рис. 5.17.* Неравномерное размещение подроста сосны на ПП 12, пройденной рубкой обновления в 2007 г.

Причем на ПП 17 произрастает равномерно подрост ели. Подрост лиственницы на ПП 5 густотой 3,0 тыс. шт./га имеет групповое размещение, так же как и подрост пихты, зафиксированный нами только на ПП 18. Показатель встречаемости подроста березы и осины на ПП варьирует в пределах 7–67 %. Общая встречаемость подроста на контрольных ПП 10К и ПП 22К составляет 80 и 100 % соответственно.

На всех ПП, за исключением ПП 17, в подросте доминирует сосна, что позволяет надеяться на формирование в будущем сосновых древостоев.

Наглядное представление о встречаемости подроста отдельно по породам и общей встречаемости на ПП позволяют получить рис. 5.18 и 5.19.

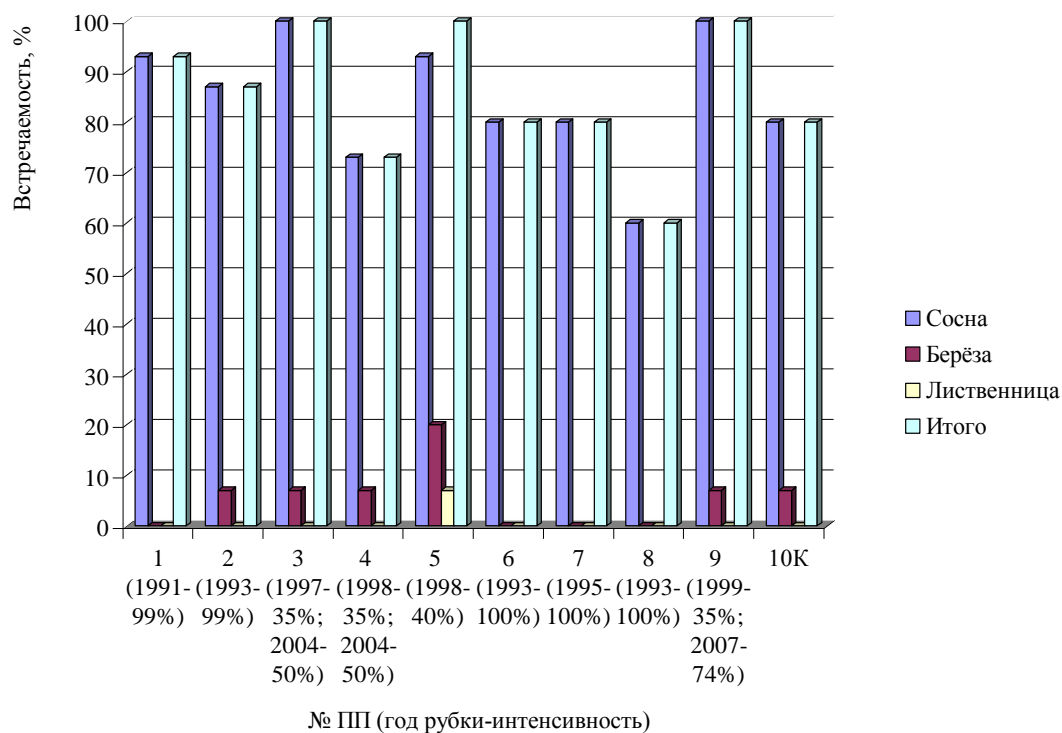


Рис. 5.18. Встречаемость подроста на ПП Кыштымского участкового лесничества

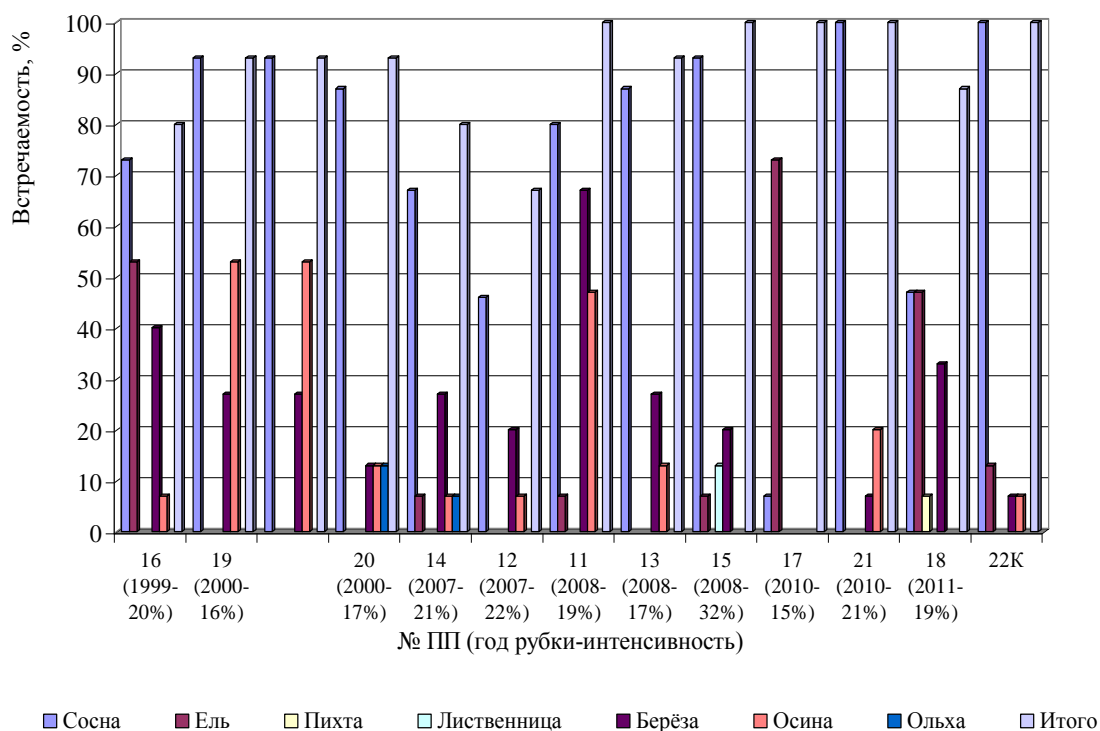


Рис. 5.19. Встречаемость подроста на ПП Карабашского участкового лесничества



Согласно шкале Ю.Г. Санникова и др. (1983), оценивающих успешность естественного возобновления исключительно по коэффициенту встречаемости, возобновление почти на всех ПП характеризуется как хорошее. Исключением являются лишь ПП 4, ПП 8 и ПП 12, где встречаемость подроста составляет 73, 60 и 67 % соответственно, что согласно приведенной шкале означает удовлетворительное возобновление. Если брать во внимание только показатель встречаемости главной лесообразующей породы – сосны, то удовлетворительному состоянию естественного возобновления соответствуют насаждения на ПП 4, ПП 8, ПП 14 и ПП 16, а на ПП 12 и ПП 18 естественное возобновление под пологом древостоя оценивается как неудовлетворительное.

Материалы табл. 5.4 свидетельствуют также, что на ПП 17, возможно, произойдет смена пород (Залесов и др., 2015), так как в настоящее время подрост представлен в основном елью (рис. 5.20).

Отметим, что процесс вытеснения сосны елью широко распространен в природе (Мелехов, 1980; Луганский и др., 2010). Поскольку ель теневынослива, то может существовать под пологом сосны, где она находит благоприятные условия для роста в молодом возрасте. Светолюбивая сосна, наоборот, под пологом ели существовать не может. Смене сосны на ель нередко способствует и сам человек, например, выборкой сосны в смешанных сосново-еловых древостоях при выборочных рубках. Что, по-видимому, и произошло в данном случае.

Анализируя взаимоотношения сосны и ели, еще Г.Ф. Морозов писал, что биологические свойства ели, сами по себе взятые, говорят очень мало; только в связи с почвенно-грунтовыми условиями и климатом они могут иметь значение: например теневыносливость ели – превосходное орудие в борьбе за существование, но только не на сухих и бедных почвах, где эта теневыносливость нисколько не устроит ее и не даст ей победы над светолюбивой сосной.

Но та же теневыносливость ее на суглинках и даже на супесях, без сомнения, имеет большое значение в борьбе и взаимных отношениях ее с сосной. Г.Ф. Морозов указывает даже на возможность длительного существования сосны и ели в одном насаждении на почвах среднего качества (Морозов, 1970).



*Рис. 5.20. Смена сосны  
на ель на ПП 17*

В соответствии с целью и детальностью исследования произведено распределение подроста по группам высот. Распределение подроста по категориям крупности на ПП наглядно представлено на рис. 5.21 и 5.22.

В результате проведенных исследований установлено, что подрост сосны почти на всех ПП представлен всеми категориями крупности, за исключением ПП 8, ПП 17 и ПП 21. Так, на ПП 8 и ПП 21 отсутствует категория крупного подроста, а на ПП 17 имеется лишь мелкий подрост высотой до 0,5 м. Что касается всходов сосны, то их количество варьирует от 0,1 тыс. шт./га на ПП 22К, являющейся контрольной, до 17,2 тыс. шт./га на ПП 21. При этом на ПП 21, помимо произрастания максимального количества всходов, зафиксировано еще и наибольшее количество мелкого подроста. Его густота на этой ПП достигает 43,2 тыс. шт./га.

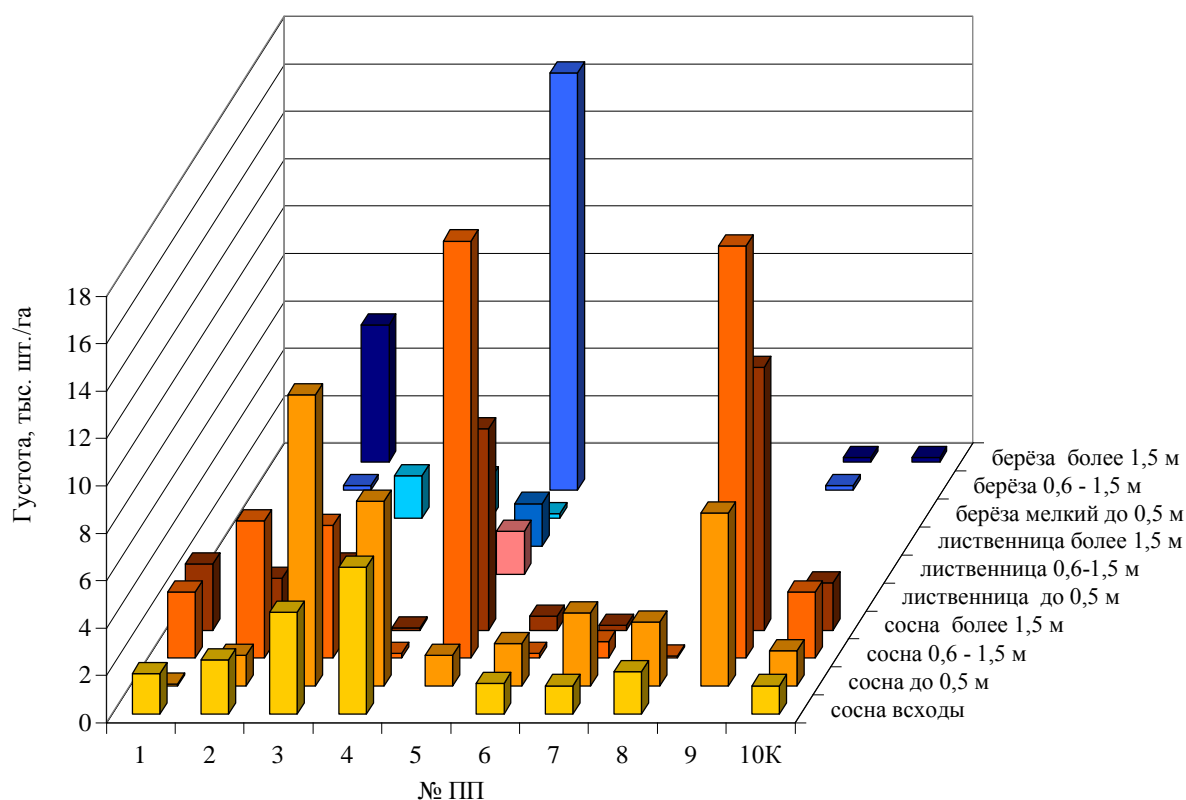


Рис. 5.21. Распределение подроста по категориям крупности на ПП Кыштымского участкового лесничества

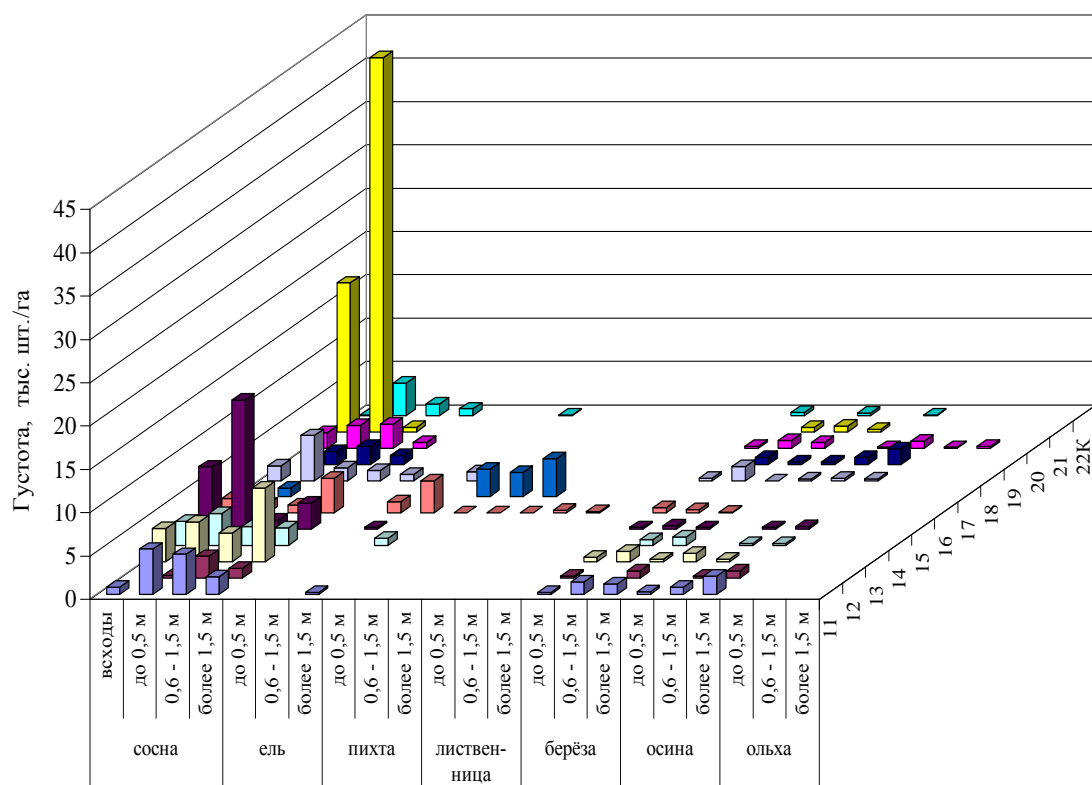


Рис. 5.22. Распределение подроста по категориям крупности на ПП Карабашского участкового лесничества



Как отмечалось выше, на появление значительного количества всходов и мелкого подроста повлияло проведение рубки обновления интенсивностью 21 % за 4 года до момента исследования. В насаждении ПП 15, пройденном рубкой обновления в 2007 г., также имеется большое количество подроста мелкой категории крупности (рис. 5.23).



*Рис. 5.23. Подрост в насаждении на ПП 15 спустя 3 года после проведения рубки обновления*

Отметим, что не обнаружено всходов на ПП 5, ПП 9, ПП 12, ПП 17 и ПП 19.

Наибольшая густота соснового подроста средней категории крупности (17,2 тыс. шт./га) зафиксирована нами на ПП 5, на которой в 1998 г. проведены рубки обновления. При этом полнота древостоя была снижена до 0,3. Снижение сомкнутости полога и увеличение притока солнечной радиации к поверхности почвы создало благоприятные условия для появления всходов и накопления подроста.

Береза в подросте представлена не на всех ПП, при этом высота её различна. Подрост берёзы всех категорий крупности зафиксирован только на ПП, заложенных в Карабашском участковом лесничестве: ПП 11, ПП 13, ПП 15, ПП 16 и ПП 20.

Подрост лиственницы, образовавшийся на ПП 5 в результате мер содействия естественному возобновлению, представлен в настоящий момент категорией среднего и крупного подроста. Лиственница высотой менее 1,5 м в подросте произрастает также и на ПП 16, однако в отличие от ПП 5 образовалась она здесь естественным путем, без проведения мер содействия.

Еловый подрост имеется на шести ПП, но ни на одной из них не имеет представленности во всех категориях крупности. С учетом того, что исследуемые насаждения имеют рекреационное значение, по нашему мнению, произрастание ели в подросте является положительным моментом с точки зрения поддержания биологического разнообразия.

Подрост пихты, произрастающий на ПП 18 с густотой 0,5 тыс.шт./га, имеет свою представленность почти во категориях крупности.

Осина, имеющаяся в подросте почти на всех ПП, заложенных в Карабашском участковом лесничестве, распределяется практически по всем категориям крупности.

Отметим, что на контрольных пробных площадях ПП 10К и ПП 22К подрост представлен всеми категориями крупности, однако на ПП 10К преобладает категория среднего подроста, а на ПП 22К – мелкого.

Поскольку подрост представлен преимущественно сосной, следовательно, на участках рубок обновления в будущем сформируются разновозрастные насаждения. Последнему во многом способствует наличие под пологом сосновых насаждений подроста всех категорий крупности.

Наличие значительного количества подроста последующей генерации различных градаций высот под пологом высокополнотных сосновых насаждений создает вертикальную сомкнутость древесного полога и, как следствие этого, значительно увеличивает опасность перехода низовых пожаров в верховые. Последнее вызывает необходимость разработки системы противопожарного устройства. В частности, в рекреационных сосняках, произрастающих вблизи населенных пунктов, целесообразно создавать противопожарные заслоны (Залесов и др., 2013) и противопожарные водоемы (Залесов, Бачурина, 2013).

Общее количество подроста не может дать его качественную характеристику. Важно знать распределение растений (подроста) по категориям жизненного состояния.

По жизненному состоянию подрост подразделяется на жизнеспособный, сомнительный и нежизнеспособный. К жизнеспособному относятся растения с прямым неповрежденным стволиком, симметричной нормально охвоенной (облиственной) кроной протяженностью не менее 1/3 длины стволика, зеленой хвоей, приростом центрального побега за последние 3–5 лет не менее прироста боковых побегов или больше его и остроконечной кроной. Сомнительные растения имеют слом вершины стволика или наклон до 30°, обдир кроны стволика до 30% или корней до 50 % окружности. Прирост центрального побега у сомнительных экземпляров подроста приблизительно равен приросту боковых ветвей за последние 3–5 лет. К нежизнеспособному подросту относятся растения со сломом стволика или наклоном его более 50 % протяженности, обдиром более 30 % окружности стволика, обрывом скелетных корней или обдиром их более 50 % окружности, с приростом вершинного побега менее прироста боковых ветвей, с желтоватым оттенком хвои и зонтикообразной кроной (Инструкция..., 1984). Для оценки жизнеспособности подроста достаточно одного дефекта стволика, кроны или корней. При наличии двух и более дефектов растения относятся к категории нежизнеспособных.

Необходимо отметить, что при общей оценке подроста в категорию жизнеспособного включают 50 % количества сомнительного подроста, а оставшиеся 50 % сомнительных и все нежизнеспособные экземпляры из расчетов исключают.

В табл. 5.5 и 5.6 представлено распределение подроста по категориям жизнеспособности.

Таблица 5.5

Распределение подроста по категориям жизнеспособности на ПП Кыштымского участкового лесничества, шт. га / %

№ ПП	Густота подроста по породам									Итого		
	Сосна			Береза			Лиственни- ца, осина					
	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	<u>2167</u> 22,5	<u>6116</u> 63,5	<u>1350</u> 14,0	-	-	-	-	-	-	<u>2167</u> 22,5	<u>6116</u> 63,5	<u>1350</u> 14,0
2	<u>1583</u> 22,9	<u>3983</u> 57,7	<u>1333</u> 19,3	<u>467</u> 48,3	<u>500</u> 51,7	-	-	-	-	<u>2050</u> 26,1	<u>4483</u> 57,0	<u>1333</u> 16,9
3	<u>13700</u> 89,3	<u>1633</u> 10,7	-	<u>750</u> 57,7	<u>483</u> 37,2	<u>67</u> 5,1	-	-	-	<u>14450</u> 86,9	<u>2117</u> 12,7	<u>67</u> 0,4

Окончание табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	<u>2200</u> 26,0	<u>5333</u> 63,1	<u>917</u> 10,8	<u>83</u> 83,3	<u>17</u> 16,7	-	-	-	-	<u>2283</u> 26,7	<u>5350</u> 62,6	<u>917</u> 10,7
5	<u>21667</u> 86,8	<u>3283</u> 13,2	-	<u>3300</u> 100,0	-	-	<u>83</u> 83,3	<u>17</u> 16,7	-	<u>25050</u> 88,4	<u>3300</u> 11,6	- 0,0
6	<u>967</u> 23,6	<u>1383</u> 33,7	<u>1750</u> 42,7	-	-	-	-	-	-	<u>967</u> 23,6	<u>1383</u> 33,7	<u>1750</u> 42,7
7	<u>2067</u> 38,0	<u>833</u> 15,3	<u>2533</u> 46,6	-	-	-	-	-	-	<u>2067</u> 38,0	<u>833</u> 15,3	<u>2533</u> 46,6
8	<u>2100</u> 52,9	<u>417</u> 10,5	<u>1450</u> 36,6	-	-	-	-	-	-	<u>2100</u> 52,9	<u>417</u> 10,5	<u>1450</u> 36,6
9	<u>27500</u> 86,3	<u>3100</u> 9,7	<u>1267</u> 4,0	<u>300</u> 100,0	- 0,0	- 0,0	-	-	-	<u>27800</u> 86,3	<u>3100</u> 9,7	<u>1267</u> 4,0
10К	<u>950</u> 5,5	<u>11367</u> 66,0	<u>4900</u> 28,5	<u>167</u> 50	<u>167</u> 50	-	-	<u>167*</u> 100	-	<u>1117</u> 6,3	<u>11700</u> 66,0	<u>4900</u> 27,7

\*Осина.  
Примечание. ж – жизнеспособный; с – сомнительный; н – нежизнеспособный.

Исследования показали, что из общего количества подроста на долю жизнеспособного на пробных площадях, пройденных рубками обновления, приходится от 22,5 до 99,4 %. Отметим закономерность, что доля сомнительного и нежизнеспособного подроста велика в насаждениях, имеющих высокую полноту материнского древостоя. Например, на ПП, заложенных на территории Кыштымского участкового лесничества, преобладание сомнительных и нежизнеспособных экземпляров подроста зафиксировано нами в насаждениях ПП 1, ПП 2, ПП 6 с полнотой древостоя 0,9.

Самой высокой долей жизнеспособных (88,4 %) и полным отсутствием нежизнеспособных экземпляров подроста характеризуется ПП 5, заложенная в двухъярусном насаждении, что означает наличие благоприятных условий в таком насаждении для развития подроста. На ПП 3 и ПП 9 доля жизнеспособного подроста составляет также более 86 %. Объяснение этому можно найти в невысокой полноте материнского древостоя: 0,6 и 0,4 соответственно.

Материалы табл. 5.6 свидетельствуют, что в насаждениях на ПП, заложенных на территории Карабашского участкового лесничества и пройденных рубками обновления, доля жизнеспособного подроста составляет от 63,3 до 99,4, сомнительного – от 0 до 29,3, нежизнеспособного – от 0,6 до 11,1 % от его общего количества



Таблица 5.6

Распределение подроста по категориям жизнеспособности  
на ПП Карабашского участкового лесничества, тыс. шт/га/%

№ ПП	Густота подроста по породам															Итого		
	Сосна			Береза			Лиственница, пихта, ольха			Ель			Осина					
	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н
11	<u>8267</u>	<u>133</u>	<u>133</u>	<u>3050</u>	<u>667</u>	<u>267</u>				<u>167</u>			<u>3150</u>	<u>483</u>	<u>500</u>	<u>14633</u>	<u>1283</u>	<u>900</u>
	96,9	1,6	1,6	76,6	16,7	6,7				100,0			76,2	11,7	12,1	87,0	7,6	5,4
12	<u>3167</u>	<u>167</u>	<u>133</u>	<u>667</u>	<u>333</u>								<u>800</u>	<u>167</u>		<u>4633</u>	<u>667</u>	<u>133</u>
	91,3	4,8	3,8	66,7	33,3								82,8	17,2		85,3	12,3	2,5
13	<u>12567</u>	<u>2417</u>	<u>383</u>	<u>1183</u>	<u>500</u>	<u>383</u>							<u>767</u>	<u>500</u>	<u>83</u>	<u>14517</u>	<u>3417</u>	<u>850</u>
	81,8	15,7	2,5	57,3	24,2	18,5							56,8	37,0	6,2	77,3	18,2	4,5
14	<u>5850</u>		<u>1067</u>	<u>1533</u>						<u>833</u>			<u>300</u>			<u>8517</u>		<u>1067</u>
	84,6		15,4	100,0						100,0			100,0			88,9		11,1
15	<u>18850</u>	<u>2517</u>	<u>800</u>	<u>517</u>	<u>133</u>		<u>300</u>			<u>133</u>						<u>19800</u>	<u>2650</u>	<u>800</u>
	85,0	11,4	3,6	79,5	20,5		100,0			100,0						85,2	11,4	3,4
16	<u>5167</u>	<u>2517</u>	<u>333</u>	<u>1517</u>	<u>383</u>					<u>4733</u>		<u>267</u>	<u>300</u>	<u>167</u>		<u>11717</u>	<u>3067</u>	<u>600</u>
	64,4	31,4	4,2	79,8	20,2					94,7		5,3	64,3	35,7		76,2	19,9	3,9
17	<u>500</u>									<u>6033</u>	<u>667</u>	<u>533</u>				<u>6533</u>	<u>667</u>	<u>533</u>
	100,0									83,4	9,2	7,4				84,5	8,6	6,9
18	<u>5117</u>		<u>583</u>	<u>1233</u>	<u>400</u>		<u>433*</u>	<u>167*</u>		<u>1333</u>			<u>2100</u>	<u>800</u>	<u>400</u>	<u>10217</u>	<u>1367</u>	<u>983</u>
	89,8		10,2	75,5	24,5		72,2	27,8		100,0			63,6	24,2	12,1	81,3	10,9	7,8

Окончание табл. 5.6

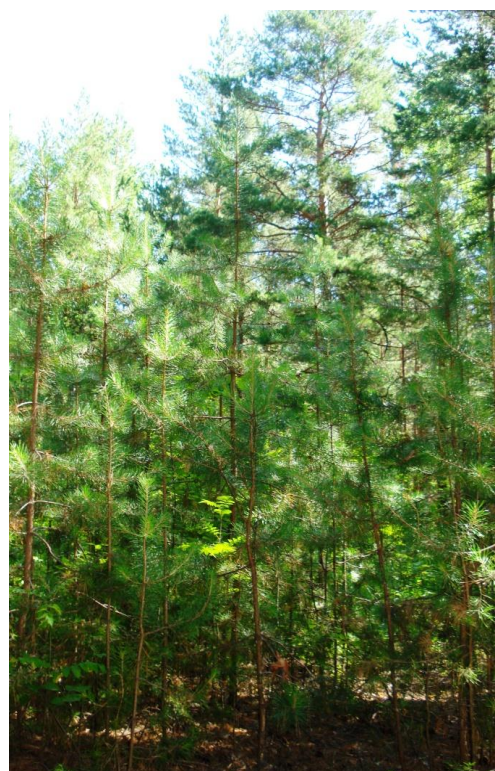
№ ПП	Густота подроста по породам															Итого		
	Сосна			Береза			Лиственница, пихта, ольха			Ель			Осина					
	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н	ж	с	н
19	<u>10500</u> 65,1	<u>4333</u> 26,9	<u>1300</u> 8,1	<u>600</u> 42,9	<u>800</u> 57,1											<u>11100</u> 63,3	<u>5133</u> 29,3	<u>1300</u> 7,4
20	<u>3967</u> 81,8	<u>750</u> 15,5	<u>133</u> 2,7	<u>1283</u> 76,2	<u>400</u> 23,8		<u>133**</u> 61,5	<u>83**</u> 38,5					<u>833</u> 75,8	<u>133</u> 12,1	<u>133</u> 12,1	<u>6217</u> 79,2	<u>1367</u> 17,4	<u>267</u> 3,4
21	<u>23700</u> 99,3		<u>167</u> 0,7	<u>1067</u> 100,0									<u>1367</u> 100,0			<u>26133</u> 99,4		<u>167</u> 0,6
22К	<u>1483</u> 14,4	<u>6650</u> 64,6	<u>2167</u> 21,0	<u>500</u> 75,0	<u>83</u> 12,5	<u>83</u> 12,5					<u>167</u> 100,0		<u>133</u> 100,0			<u>2117</u> 18,8	<u>6900</u> 61,2	<u>2250</u> 20,0
<div>* Пихта.</div> <div>** Ольха.</div> <div>Примечание. ж – жизнеспособный; с – сомнительный; н – нежизнеспособный.</div>																		

Наибольшая доля жизнеспособного подроста зафиксирована на ПП 21, где она достигает 99,4 % при доле нежизнеспособного 0,6 % и отсутствии сомнительного. Последнее объясняется тем, что подрост в этом насаждении, как было описано раньше, в основном представляет собой категорию мелкого, т. е. сформировавшегося после проведения рубки

На контрольной пробной площади ПП 10К доля жизнеспособного подроста составляет лишь 6,3 %, а на ПП 22К – 18,8 %, тогда как большинство экземпляров подроста на этих ПП представляют собой категорию сомнительных: 66,0 и 61,2 % соответственно. Для наглядности на рис. 5.24 представлен подрост сосны ПП 22К и подрост, произрастающий на открытом участке рядом с ПП 22К. Неудовлетворительное жизненное состояние подроста можно объяснить высокой полнотой материнского древостоя, который обуславливает низкую освещенность под пологом древостоя, а также перехват корневой системой питательных веществ. Всё это свидетельствует о том, что в высокополнотных сосновых насаждениях необходимо проводить разреживание древостоя рубками обновления для создания благоприятных условий подросту, из которого постепенно сформируются сосновые разновозрастные насаждения. То есть будет происходить непосредственное омоложение насаждений без искусственного лесовосстановления.



а



б

Рис. 5.24. Подрост сосны на ПП 22К (а) и на открытом участке рядом с ПП 22К (б)

### 5.2.2. Морфометрические показатели ассимиляционного аппарата подроста сосны обыкновенной

Как и любое другое вмешательство человека в природные процессы, рубки обновления, несомненно, сказываются на процессах жизнедеятельности компонентов лесных насаждений и их состоянии. Не является исключением и процесс естественного возобновления. По мнению некоторых авторов (Морозов, Шиманский, 1981; Видякин, 1981), ассимиляционный аппарат является наиболее чувствительным органом древесных растений. Размеры, морфология и анатомия хвои считаются исключительно ценными диагностическими признаками сосны обыкновенной. Состояние ассимиляционного аппарата подроста сосны после проведения рубок обновления целесообразно оценивать по таким показателям, как длина, ширина, масса 100 шт. и площадь поверхности хвои, а также охвоённости побегов (Абатуров, 1965).

С целью установления зависимости морфометрических показателей хвои сосны от лесорастительных условий в сосняках, пройденных рубками обновления равномерно-постепенным способом различной интенсивности, нами были проведены исследования на 13 ПП, в том числе двух контрольных, заложенных в рекреационных сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса Кыштымского лесничества, из которых пять ПП (1, 3, 5, 9, 10К) расположены на территории Кыштымского и восемь (11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 22К) – на территории Карабашского участковых лесничеств. Кроме того, для анализа были взяты образцы побегов и хвои подроста, произрастающего на открытом участке вблизи контрольной ПП 22К. В работе этот участок обозначен как ПП 23.

Полученные нами данные по охвоённости боковых побегов центральной части 15-летнего подроста сосны представлены в табл. 5.7.

Материалы табл. 5.7 свидетельствуют, что практически на всех ПП отмечается снижение охвоённости побегов подроста сосны с увеличением его возраста. Продолжительность жизни хвои подроста сосны на большинстве ПП, в том числе и контрольных ПП 10К и ПП 22К, составляет 5 лет. Исключение составляет лишь подрост ПП 5, 9 и 11, а также открытого участка ПП 23, где пятилетняя хвоя нами не обнаружена. Как уже отмечалось ранее, продолжительность жизни хвои указывает на лучшее жизненное состояние подроста. Установлено, что на ПП, пройденных рубками обновления, охвоенность побегов значительно ниже, чем на контрольных ПП. Причем это касается боковых побегов всех возрастов. Так, в насаждениях Кыштымского

участкового лесничества средние значения этого показателя ниже в 1,2–1,5 раза, а Карабашского – в 1,5–1,9 раза.

Таблица 5.7

Охвоённость 5 см побега подроста сосны обыкновенной  
в насаждениях, шт.

Возраст побега, лет	Номер пробной площади						
	1	3	5	9	10К	11	12
1	35,7±2,18	39,2±2,71	35,7±1,39	35,8±0,70	57,3±4,43	33,8±0,70	34,4±0,78
2	29,9±1,54	33,7±2,19	34,2±0,87	38,0±1,00	37,6±1,39	33,2±0,53	40,4±2,67
3	36,5±0,84	37,6±0,98	30,7±0,72	31,4±1,03	42,5±3,17	25,0±1,93	19,5±1,00
4	23,4±1,71	28,0±1,59	22,7±1,08	25,5±0,00	37,4±3,99	20,4±2,78	20,0±1,31
5	9,5±1,69	5,2±0,84	-	-	14,9±2,13	-	6,5±0,70
Среднее	27,0±1,33	24,6±1,39	30,8±1,01	32,7±0,68	37,9±3,02	28,1±1,48	24,1±1,29
Возраст побега, лет	Номер пробной площади						
	13	14	15	18	19	22К	23
1	30,8±0,47	30,5±0,88	30,7±3,63	44,2±2,80	35,4±1,41	50,2±1,76	37,0±1,96
2	28,4±1,21	37,0±4,24	35,9±0,98	38,8±1,70	38,8±2,11	44,2±1,55	33,0±1,16
3	29,4±0,81	32,4±1,82	32,9±2,79	31,2±2,58	30,5±2,28	47,8±3,56	35,8±1,95
4	21,7±1,06	27,4±2,12	28,3±2,38	17,5±2,76	23,6±1,53	41,6±4,15	16,5±2,98
5	1,8±0,03	6,4±1,46	10,4±1,23	7,2±1,31	9,1 ±1,81	27,9±4,20	-
Среднее	22,4±0,73	22,4±1,75	27,6±2,20	27,8±2,46	27,5±1,83	42,4±3,04	30,6±2,01

Интересно отметить, что охвоенность боковых побегов подроста сосны, произрастающей на открытом участке (ПП 23), также превышает значения этих показателей подроста в насаждениях, пройденных рубками обновления. Среди ПП, расположенных на территории Карабашского участкового лесничества, наименьшей средней охвоенностью боковых побегов обладает подрост сосны, произрастающий на ПП 13 и ПП 14, – 22,4 шт., т. е. в насаждениях с полнотой 0,5–0,6, пройденных рубками обновления 6 и 7 лет назад до проведения исследований. Анализируя показатель охвоенности побегов подроста ПП Кыштымского участкового лесничества, также можно отметить, что наименьшее значение этого показателя зафиксировано на ПП 3, заложенной в насаждении, сформированном проведением двух приемов рубки обновления. Полнота древостоя на момент проведения исследований – 0,6. Таким образом, можно сделать вывод, что изреживание древостоя рубками обновления приводит к снижению охвоенности побегов подроста сосны.

Установление статистической достоверности различий между показателями охвоенности боковых побегов подроста сосны производили с помощью критерия Стьюдента. Расчетные значения критерия Стьюдента подтверждают статистически значимые различия между средними показателями охвоенности боковых побегов подроста сосны на ПП 1, 3, и 5 и на контрольной ПП 10К, которые равны соответственно 3,30; 4,19 и 2,24, и отсутствие различий между рассматриваемыми показателями на ПП 9 и ПП 10К ( $t_{\text{выч}} = 1,69$ ). Значение табличного критерия Стьюдента для изучаемого показателя сравниваемых ПП составляет  $t_{0,05} = 2,05$  (на доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 28$ ).

Что касается ПП, заложенных на территории Карабашского участкового лесничества, то значения изучаемого показателя на всех ПП, пройденных рубками обновления, достоверно отличаются от значений аналогичного показателя на контрольной ПП-22К. Об этом свидетельствуют вычисленные значения критерия Стьюдента, превышающие табличные:  $t_{0,05} = 2,05$ . Для ПП 11, 12, 13, 14, 15, 19 они соответственно равны 4,23; 5,55; 6,39; 5,70; 3,95; 3,73 и 4,20.

Сравнение показателей охвоенности боковых побегов подроста сосны на ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичным показателем подроста, произрастающего на открытом участке (ПП 23), показало следующее. Средние значения изучаемого показателя достоверно не различаются на ПП 11, 15, 18 и 19. Их вычисленные значения равны 1,0; 1,0; 0,88 и 1,14 соответственно, тогда как на ПП 12, 13 и 14 обнаруживается достоверное различие значений охвоенности побегов. Поскольку вычисленные значения критерия  $t$ , равные 2,72; 3,83 и 3,07 соответственно, превышают табличное значение  $t_{0,05} = 2,05$  (на доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 15 + 15 - 2 = 28$ ). Иными словами, на большинстве ПП, пройденных рубками обновления, охвоенность боковых побегов подроста сосны достоверно не различается с охвоенностью побегов подроста открытого участка, чего нельзя отметить относительно контрольной ПП.

Сравнение данных контрольной ПП 22К и открытого участка ПП 23 также показало достоверное различие значений изучаемого показателя ( $t_{\text{выч}} = 3,24$ ).

На рис. 5.25 и 5.26 представлены боковые побеги подроста сосны обыкновенной, произрастающего в насаждении ПП 9, пройденном двумя приемами рубок обновления, и на контрольной ПП 10К.





*Рис. 5.25. Боковой побег подроста сосны на ПП 9*



*Рис. 5.26. Боковой побег подроста сосны на ПП 10К*

Одним из основных морфометрических показателей хвои, характеризующих состояние ассимиляционного аппарата, является средняя длина хвои.



В табл. 5.8 приведены значения длины хвой разных возрастов и их среднестатистические показатели: средние значения по годам, ошибки средних и дисперсии.

Обратимся к данным ПП 1, 3, 5, 9, 10К. Приведенные в табл. 5.8 значения показателей средней длины хвой свидетельствуют, что на ПП, пройденных рубками обновления различной интенсивности, значения средней длины хвой подроста сосны превышают аналогичный показатель на контрольной ПП 10К.

Таблица 5.8

Средняя длина хвой боковых побегов подроста сосны на ПП, см

Воз- раст хвой, лет	Номер ПП						
	1	3	5	6	10К	11	12
1	4,5±0,05	5,8±0,17	5,8±0,09	5,7±0,06	4,5±0,08	4,9±0,06	5,0±0,10
2	6,4±0,11	6,0±0,22	5,5±0,12	5,9±0,07	4,8±0,05	5,1±0,04	5,0±0,13
3	3,8±0,09	4,9±0,10	4,0±0,07	4,7±0,06	3,0±0,07	5,5±0,10	6,2±0,15
4	5,8±0,07	5,7±0,12	7,2±0,04	7,2±0,04	4,1±0,07	6,3±0,08	6,0±0,08
5	3,4±0,07	5,5±0,14	-	-	4,5±0,13	-	5,8±0,07
$\overline{M \pm m}$	<u>4,8±0,08</u>	<u>5,6±0,15</u>	<u>5,6±0,08</u>	<u>5,9±0,06</u>	<u>4,2±0,08</u>	<u>5,4 ± 0,07</u>	<u>5,6±0,11</u>
$\delta^2$	1,69	1,67	1,73	1,03	1,50	0,60	1,06
Воз- раст хвой, лет	Номер ПП						
	13	14	15	18	19	22К	23
1	5,1±0,08	4,6±0,12	4,8±0,08	4,1±0,06	4,0±0,08	4,9±0,07	6,2±0,05
2	5,5±0,10	5,1±0,04	5,1±0,09	4,4±0,12	4,4±0,08	4,2±0,11	5,9±0,06
3	5,5±0,08	5,5±0,10	5,5±0,11	5,7±0,11	4,5±0,10	2,9±0,05	4,5±0,11
4	6,1±0,09	5,5±0,10	6,1±0,04	5,9±0,11	5,3±0,10	3,9±0,08	5,6±0,05
5	5,5±0,08	5,2±0,12	5,3±0,08	4,6±0,08	4,5±0,09	3,9±0,08	-
$\overline{M \pm m}$	<u>5,6±0,09</u>	<u>5,2±0,10</u>	<u>5,4±0,08</u>	<u>4,9±0,10</u>	<u>4,6±0,09</u>	<u>4,0±0,08</u>	<u>5,6±0,07</u>
$\delta^2$	0,59	0,72	0,67	1,13	0,69	1,38	0,72

Среди совокупности ПП, расположенных в Карабашском участковом лесничестве, наблюдается такая же закономерность, при этом средняя длина хвой подроста сосны на ПП, пройденных рубками обновления, превышает то же значение на контрольной ПП на 15–40 %. Что касается подроста сосны, произрастающего на открытом участке (ПП 23), то длина его хвой соответствует максимальным значениям этого показателя в насаждениях, пройденных рубками обновления, – 5,6 см.

При анализе различных совокупностей данных большое значение имеет определение их статистических параметров. Для установления статистической достоверности различий между показателями средней длины хвои подроста и их вариабельности на ПП определены критерии Фишера и критерии Стьюдента. При этом использовались их средние арифметические, их ошибки и дисперсии, приведенные в табл. 5.8.

В табл. 5.9 представлены данные вычисленных критериев Фишера и критериев Стьюдента попарно на всех ПП для средних величин длины хвои.

Таблица 5.9

Значения вычисленных критериев Фишера  
и критериев Стьюдента (F / t)

№ ПП	1	3	5	9	10К	11	12	13	14	15	18	19	22К
3	<u>1,01</u> 4,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	<u>1,02</u> 7,07	<u>1,04</u> 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	<u>1,64</u> 11,00	<u>1,62</u> 1,88	<u>1,68</u> 3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10К	<u>1,12</u> 5,31	<u>1,11</u> 8,24	<u>1,15</u> 12,4	<u>1,46</u> 17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	<u>2,82</u> 5,66	<u>2,78</u> 1,18	<u>2,88</u> 1,88	<u>1,72</u> 5,43	<u>2,50</u> 11,32	-	-	-	-	-	-	-	-
12	<u>1,59</u> 5,71	<u>1,58</u> 0	<u>1,63</u> 0	<u>1,03</u> 2,40	<u>1,42</u> 10,0	<u>1,77</u> 1,54	-	-	-	-	-	-	-
13	<u>2,86</u> 6,64	<u>2,83</u> 0	<u>2,93</u> 0	<u>1,75</u> 2,72	<u>2,54</u> 11,63	<u>1,02</u> 1,75	<u>1,80</u> 0	-	-	-	-	-	-
14	<u>2,35</u> 3,13	<u>2,32</u> 2,22	<u>2,40</u> 3,13	<u>1,43</u> 5,98	<u>2,08</u> 7,81	<u>1,20</u> 1,41	<u>1,47</u> 2,67	<u>1,22</u> 2,96	-	-	-	-	-
15	<u>2,52</u> 5,31	<u>2,49</u> 1,18	<u>2,58</u> 1,77	<u>1,54</u> 5,00	<u>1,12</u> 10,62	<u>2,24</u> 0	<u>1,58</u> 1,43	<u>1,14</u> 1,66	<u>1,07</u> 1,56	-	-	-	-
18	<u>1,50</u> 0,78	<u>1,48</u> 1,75	<u>1,53</u> 5,47	<u>1,10</u> 8,57	<u>1,33</u> 11,63	<u>1,88</u> 4,10	<u>1,07</u> 4,67	<u>1,92</u> 5,19	<u>1,57</u> 2,12	<u>1,69</u> 3,91	-	-	-
19	<u>2,45</u> 1,67	<u>2,42</u> 5,88	<u>2,50</u> 8,30	<u>1,49</u> 12,03	<u>2,17</u> 3,32	<u>1,15</u> 7,02	<u>1,54</u> 7,14	<u>1,17</u> 7,87	<u>1,04</u> 4,44	<u>1,03</u> 6,64	<u>1,64</u> 2,23	-	-
22К	<u>1,23</u> 7,08	<u>1,21</u> 9,41	<u>1,25</u> 14,16	<u>1,34</u> 19,0	<u>1,09</u> 1,77	<u>2,30</u> 13,21	<u>1,30</u> 10,0	<u>2,34</u> 13,29	<u>1,92</u> 9,38	<u>2,06</u> 12,39	<u>1,22</u> 13,29	<u>2,00</u> 4,98	-
23	<u>2,34</u> 7,55	<u>2,32</u> 0	<u>2,39</u> 0	<u>1,43</u> 3,26	<u>2,08</u> 13,21	<u>1,20</u> 2,02	<u>1,47</u> 0	<u>2,11</u> 0	<u>1,00</u> 3,28	<u>1,07</u> 1,88	<u>1,56</u> 0	<u>1,04</u> 8,77	<u>1,91</u> 4,98

Поскольку сравниваемые совокупности представляют собой большие выборки ( $N \geq 200$ ), то при доверительном уровне  $P = 95 \%$

$F_{\text{табл}} = 1,19$  (Зайцев, 1984). Материалы табл. 5.9 свидетельствуют, что при сравнении показателей ПП 1, 3, 5 и 9 с показателями контрольной ПП 10К значения трёх сравниваемых совокупностей  $F_{\text{выч}}$  меньше  $F_{\text{табл}}$ . Это ПП 1, ПП 3 и ПП 5. Следовательно, эти ПП с контрольной ПП 10К по вариабельности изучаемого показателя достоверно не различаются от ПП 9, тогда как при сравнении данных ПП 9 с ПП 10 можно говорить о достоверном различии вариабельности. При оценке вариабельности показателя средней длины хвои подроста отмечается достоверное различие ПП 1, 3 и 5 с ПП 9, о чем свидетельствует вычисленный критерий Фишера.

Рассмотрим совокупности показателей средней длины хвои подроста ПП, расположенных на территории Карабашского участкового лесничества, т. е. ПП 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 22К и 23. Вычисленные статистические параметры свидетельствуют, что по вариабельности изучаемого показателя все насаждения ПП, пройденных рубками обновления, достоверно различаются с насаждением контрольной ПП 22К. Однако при сравнении средней длины хвои подроста этих ПП с аналогичным показателем открытого участка (ПП 23) видно:  $F_{\text{выч}}$  меньше  $F_{\text{табл}}$  на ПП 14, 15 и 19, что означает отсутствие достоверного различия вариабельности изучаемого показателя.

Интересно отметить, что по вариабельности совокупностей длины хвои подроста сосны две контрольные ПП (10К и 22К) достоверно не различаются.

Сравнение средних арифметических показателей длины хвои подроста, произведенное с помощью критерия Стьюдента, показало следующее. При доверительном уровне  $P = 95 \%$  и числе степеней свободы  $\nu > 120$  значение  $t_{\text{табл}} = 1,96$  (Зайцев, 1984).

Исходя из полученных данных, приведенных в табл. 5.9, можно сделать вывод о достоверном различии изучаемого показателя на ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичным на контрольных ПП, поскольку вычисленные значения критерия  $t_{\text{выч}}$  больше табличных  $t_{\text{табл}}$ . Следовательно, можно говорить о том, что средние значения изучаемого показателя принадлежат к разным совокупностям данных. Сравнение показателей средней длины хвои подроста на контрольных ПП 10К и ПП 22К указывает на недостоверное их различие и принадлежность к одной совокупности, так как  $t_{\text{выч}} = 1,77$ . Анализируя вычисленные критерии Стьюдента, приведенные в табл. 5.7, можно сделать вывод также о принадлежности к одной совокупности данных показателей средней длины хвои ПП 11, 12, 13 и 15, что указывает на наличие в этих насаждениях примерно одинаковых условий произ-

растания. Причем насаждения всех этих ПП были пройдены рубками обновления 6–7 лет назад до проведения исследований.

Вычисленные значения критерия Стьюдента, равные нулю, при сравнении данных средней длины хвои подроста открытого участка (ПП 23) с таковыми на ПП 3, 5, 12, 13 и 18 означают, что средние значения сравниваемых совокупностей равны между собой.

Наибольшим показателем средней длины хвои подроста обладает ПП 9 (5,9 см). Материалы табл. 5.9 свидетельствуют, что максимальное значение вычисленного критерия Стьюдента  $t_{\text{выч}} = 17,0$  при сопоставлении данных ПП 9 и ПП 10К. Отметим также, что насаждение ПП 9 имеет низкую полноту (0,36). В связи с этим можно предположить, что освещенность является существенным экологическим фактором, влияющим на увеличение средней длины хвои подроста.

В табл. 5.10 приведены расчетные значения поверхности 1 г сырой хвои, определенные по методике Ю.Л. Цельникер (1982) через показатель удельной линейной плотности хвои.

Поскольку значения поверхности хвои являются зависимыми и определены через показатель средней длины хвои и массу, то выводы о средней длине хвои можно распространить и на этот показатель.

*Таблица 5.10*

Поверхность 1 г сырой хвои подроста сосны на ПП, см<sup>2</sup>

Возраст хвои, лет	Номер пробной площади						
	1	3	5	9	10К	11	12
1	0,89	0,93	0,89	0,66	0,93	0,80	0,89
2	0,75	0,80	0,82	0,55	0,93	0,82	0,95
3	0,93	0,79	0,87	0,93	0,87	0,89	0,80
4	0,71	0,75	0,70	0,87	0,99	0,82	0,77
5	0,77	0,82	-	-	0,87	-	1,07
Среднее	0,81	0,82	0,82	0,76	0,92	0,83	0,87
Возраст хвои, лет	Номер пробной площади						
	13	14	15	18	19	22к	23
1	0,85	0,72	0,93	0,93	0,90	0,99	0,77
2	0,87	0,80	0,97	0,95	0,89	0,89	0,85
3	0,85	0,87	0,90	0,89	0,87	0,95	0,89
4	0,83	0,85	0,90	0,89	0,83	1,03	0,97
5	0,85	1,01	1,07	1,09	0,89	0,93	-
Среднее	0,85	0,85	0,95	0,95	0,88	0,96	0,87

В табл. 5.11 приведены данные о массе 100 пар хвоинок.

Материалы табл. 5.11 свидетельствуют, что масса 100 пар хвоинок подроста сосны существенно отличается на ПП, пройденных

рубками обновления, от таковой на контрольных ПП. Так, на ПП, расположенных в Кыштымском участковом лесничестве, отмечается превышение на 19,7–124,5 %, а на ПП Карабашского участкового лесничества – на 5,0–39,0 %. Максимальной средней длиной хвои и наибольшей средней массой 100 пар хвоинок характеризуется ПП 9. В насаждении, где заложена ПП 3 и проведена двухприемная рубка, масса 100 пар хвоинок подроста сосны также высока – 3,02 г.

Наименьшим средним значением массы 100 пар хвоинок характеризуется насаждение ПП 19, пройденное рубкой обновления в 2000 г., полнота которого к настоящему времени равна 0,8.

Относительно массы хвои подроста сосны, произрастающей на открытом участке (ПП 23), отметим, что ее среднее значение примерно соответствует аналогичным показателям на ПП, пройденных рубками обновления и представляющих собой среднеполнотные насаждения (0,5–0,7).

Таблица 5.11

Масса 100 пар хвоинок подроста сосны на ПП, г

Возраст хвои, лет	Номер пробной площади						
	1	3	5	9	10К	11	12
1	1,06	1,68	1,57	3,78	1,57	1,45	1,04
2	2,67	3,08	2,99	3,77	1,99	1,92	1,36
3	1,39	2,80	1,56	2,89	0,95	2,05	2,76
4	3,67	3,18	4,17	5,68	2,80	3,14	2,81
5	2,17	3,01	-	-	1,27	-	0,86
Среднее	2,19	3,02	2,57	4,11	1,83	2,14	1,95
Возраст хвои, лет	Номер пробной площади						
	13	14	15	18	19	22К	23
1	1,37	1,53	1,06	0,99	0,89	1,87	1,62
2	1,80	2,59	1,71	1,47	1,35	1,51	1,68
3	2,10	1,95	2,41	2,39	1,60	0,86	2,48
4	2,63	2,45	2,57	2,23	2,03	2,13	2,32
5	2,20	1,79	2,17	1,67	1,70	0,93	-
Среднее	2,18	2,19	2,21	1,94	1,67	1,59	2,14

Примечательно, что практически на всех ПП самой большой массой обладает четырехлетняя хвоя, т. е. сформированная в 2011 г. Возможно, этому способствовали благоприятные климатические условия. По данным Гидрометцентра России (<http://www.meteoinfo.ru/>), 2010 г. стал в Северном полушарии Земли самым теплым за 120 лет регулярных метеорологических наблюдений, т. е. с 1891 г. Его среднегодовая температура примерно на 0,04 °С больше, чем в рекордном до последнего времени 2005 г. В 2010 г. в Северном полушарии Земли

были самая теплая весна и самое жаркое лето, вторая самая теплая осень и восьмая зима. Среднемесячная температура воздуха в целом по полушарию в летние месяцы, а также в мае и ноябре 2010 г. достигла абсолютного максимума за 120 лет наблюдений. Впервые на полушарии аномалии среднегодовой температуры воздуха достигли более  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В мае и июле среднемесячная температура превысила абсолютный максимум, а в июне и августе заняла вторую строку среди экстремально высоких значений в ранжированных рядах с 1891 г. Например, 30 августа 2010 г. в г. Челябинске зафиксирована самая жаркая погода за весь период наблюдений, среднесуточная температура воздуха составила  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что выше средних многолетних значений на  $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Предыдущий рекорд этого дня ( $23,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) был зарегистрирован в 1988 г. Более того, таких высоких температур в г. Челябинске с 1896 г. не наблюдалось не только 30 августа, но и в последнюю пятидневку месяца.

### 5.2.3. Прирост центрального побега подроста сосны обыкновенной

Важным показателем состояния естественного возобновления при определении лесоводственной эффективности рубок обновления, кроме качественных и количественных характеристик подроста и оценки его ассимиляционного аппарата, является также рост подроста в высоту.

Для определения хода роста подроста сосны по высоте на 14 пробных площадях производился отбор 15–20 модельных растений 15-летнего возраста и дальнейшее измерение центрального побега. В табл. 5.12 приведены средние значения текущего прироста центрального побега в высоту за последние 5 лет, а также рассчитанный средний годичный прирост за 5 лет.

Проанализируем данные ПП 1, 3, 9 и 10К, заложенных в насаждениях Кыштымского участкового лесничества. В процессе исследований установлено достоверное различие средних годичных приростов центрального побега подроста сосны на ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичными на контрольной ПП 10К, о чем свидетельствуют рассчитанные значения критерии Стьюдента  $t_{\text{выч}}$ . При этом при сравнении средних значений на ПП 1, 3, 5, 9 с таковыми на ПП 10К во всех случаях на 95 %-ном доверительном уровне вычисленные значения критерия  $t_{\text{выч}}$  больше табличных  $t_{\text{табл.}}$ . Следовательно, можно говорить о том, что средние значения изучаемого показателя принадлежат к разным совокупностям данных. Что касается

количественных значений, то здесь, как показывают материалы табл. 5.12, средний годичный прирост центрального побега подроста на ПП, пройденных рубками обновления, в 1,6–2,6 раза превышает аналогичный показатель на ПП 10К. Наибольшим средним приростом центрального побега подроста сосны характеризуется насаждение ПП 9, изреженное двумя приемами рубок обновления. Этот показатель на ПП 9 – 37,1 см, что составляет 266,9 % от аналогичного показателя контрольной ПП 10К (рис. 5.27, 5.28).

Этот факт подтверждает благоприятное влияние изреживания насаждений на ход роста подроста. Отметим, что на ПП 5, заложенной в насаждении с двухъярусным древостоем, также наблюдается превышение изучаемого показателя более чем в 2 раза в сравнении с контрольной ПП.



*Рис. 5.27. Прирост центрального побега подроста сосны спустя 7 лет проведения двухприемных рубок обновления (ПП 9)*

То есть проведение рубок обновления 16 лет назад с уборкой 40 % запаса спелых и перестойных деревьев обеспечило положительный эффект в приросте центрального побега подроста сосны.



Таблица 5.12

Средние показатели прироста в высоту подростка сосны

№ ПП	Полнота	Интенсивность рубки, %	Давность рубки обновления, лет	Средний текущий прирост в высоту по годам, см					Средний годичный прирост за 5 лет, см	Отношение к контролю, %
				2010	2011	2012	2013	2014		
1	0,9	99	23	23,2±1,22	20,4±1,56	24,3±0,74	19,9±1,56	26,5±0,59	22,9±1,09	164,7
3	0,6	35, 50	21, 10	26,0±1,62	21,6±1,52	26,0±2,78	25,8±0,85	20,4±1,04	24,0±1,56	172,7
5	1,06	40	16	23,8±0,20	26,8±1,11	34,4±1,06	29,0±0,67	41,2±1,14	31,0±0,83	223,0
9	0,36	35, 36	15, 7	30,5±2,82	32,6±1,22	42,4±1,85	36,2±0,89	43,6±2,58	37,1±1,87	266,9
10K	1,2	-	-	11,2±0,70	8,1±0,57	17,4±1,19	15,2±0,61	17,5±0,86	13,9±0,79	-
11	0,7	19	6	16,0±1,00	15,8±1,14	27,2±1,30	35,4±1,57	28,8±2,08	24,6±1,42	615,0
12	0,9	22	7	13,7±0,95	19,5±1,70	17,5±1,48	25,0±1,19	22,0±1,30	19,5±1,32	487,5
13	0,5	17	6	7,2±0,41	13,4±1,36	16,5±0,79	17,8±1,51	21,2±2,30	15,2±1,27	380,0
14	0,6	21	7	15,2±1,37	22,4±2,27	23,6±1,55	32,6±2,91	29,0±1,82	24,6±1,98	615,0
15	0,7	32	6	14,0±0,55	23,8±1,15	27,2±0,83	33,4±1,17	33,4±1,60	26,4±1,06	660,0
18	0,6	19	3	31,2±1,65	34,6±1,74	33,6±1,98	39,8±1,77	27,0±1,32	33,2±1,69	830,0
19	0,8	16	14	13,2±1,50	15,8±1,72	20,7±2,39	21,8±2,81	20,6±2,26	18,4±2,14	460,0
22K	1,2	-	-	3,8±0,12	3,0±0,45	4,5±0,20	2,0±0,39	5,9±0,38	4,0±0,31	-
23	-	-	-	16,8±1,15	18,2±1,30	20,2±1,02	20,5±1,61	24,5±1,51	20,0±1,32	500,0



*Рис. 5.28. Прирост центрального побега подроста сосны на контрольной ПП 10К*

Обратимся к данным, полученным на ПП Карабашского участкового лесничества. Материалы табл. 5.12 свидетельствуют о существенном различии величин приростов центрального побега подроста сосны на ПП, пройденных рубками обновления, и контрольной ПП 22К. Для установления статистической достоверности различий полученных средних арифметических значений были рассчитаны критерии Стьюдента  $t_{\text{выч}}$ , которые при сравнении всех пар совокупностей оказались выше табличных  $t_{\text{табл}}$  на 95 %-ном доверительном уровне, что указывает на значимое достоверное различие средних годовичных приростов центрального побега подроста сосны на всех ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичными на контрольной ПП 22К, где рубки не проводились. Причем эти различия более существенны, чем в насаждениях Кыштымского участкового лесничества, и превышают показатели контрольной ПП 22К в 3,8 и 8,3 раза. Объяснением этого может служить угнетенное состояние подроста под пологом высокополнотного насаждения, связанное в первую очередь с недостатком освещенности.

Непосредственное влияние проведения рубок обновления на ход роста подроста сосны можно проследить по данным ПП 18, поскольку

рубка в этом насаждении проводилась в 2011 г. Максимальный прирост подроста наблюдался в 2013 г., т. е. спустя 2 года после проведения рубки, что можно расценивать как адаптационный период.

Интересно сравнить средние значения изучаемого показателя подроста на ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичными показателями подроста открытого участка (ПП 23). Вычисление статистических параметров критерия Стьюдента  $t_{\text{выч}}$  и сравнение их с табличными  $t_{\text{табл}}$  показало достоверное различие показателей ПП 23 только с таковыми ПП 15 и ПП 18. Средние арифметические значения изучаемого показателя всех остальных ПП, пройденных рубками обновления, достоверно не различаются с показателями ПП 23 (открытым участком). Материалы табл. 5.12 свидетельствуют также, что прирост центрального побега подроста сосны, произрастающего на открытом участке, в 5 раз превышает аналогичный показатель подроста, произрастающего в высокополнотном насаждении (ПП 22К).

### **5.3. Влияние рубок обновления на живой напочвенный покров и подлесок**

#### **5.3.1. Видовой состав и надземная фитомасса живого напочвенного покрова**

Живой напочвенный покров (ЖНП) представляет собой важнейший компонент лесных экосистем. Любое изменение структуры древостоя, в том числе проведение рубок, отражается на состоянии нижних ярусов растительности. Как правило, на снижение полноты древостоя ЖНП реагирует изменением его фитомассы и структуры (Луганский и др., 1978). ЖНП оказывает большое влияние на возобновление леса. Поскольку этот компонент во многом определяет среду для прорастания семян, развития всходов и самосева древесных пород, то изучение влияния рубок обновления на структуру и динамику ЖНП в различные периоды после проведения рубок, является актуальным (Бачурина и др., 2015).

Для изучения состояния ЖНП под пологом древостоя на 11 ПП, в том числе на двух контрольных, нами закладывались учетные площадки для определения следующих показателей: видового состава, встречаемости видов, надземной фитомассы, а также распределения по ценотипам и по хозяйственным группам (рис. 5.29). Отметим, что ПП 1, 3, 5, 6, 9, 10К заложены нами на территории Кыштымского

участкового лесничества, а ПП 15, 19, 20, 21, 22К – Карабашского участкового лесничества.



Рис. 5.29. Изучение живого напочвенного покрова на ПП 5

В результате проведения исследования было зафиксировано 69 видов живого напочвенного покрова. Все виды ЖНП распределены нами по семействам (табл. 5.13).

Таблица 5.13

Распределение видов ЖНП по семействам

№ п/п	Семейство	Количество видов	Доля от общего количества видов, %
1	2	3	4
1	Бобовые (Fabaceae Lindl.)	6	8,70
2	Бурачниковые (Boraginaceae Juss.)	1	1,45
3	Вересковые (Ericaceae Juss.)	7	10,14
4	Гвоздичные (Caryophyllaceae Juss.)	1	1,45
5	Гераниевые (Geraniaceae Juss.)	1	1,45
6	Губоцветные (Lamiaceae Lindl.)	2	2,90
7	Деннштедтиевые (Dennstaedtiaceae Bernh.)	1	1,45
8	Злаковые (Poaceae Barnhart (Gramineae Juss. ))	4	5,80
9	Зонтичные (Apiaceae Lindl.)	4	5,80
10	Камнеломковые (Saxifragaceae Juss.)	1	1,45



Окончание табл. 5.13

1	2	3	4
11	Кипрейные (Onagraceae Juss.)	1	1,45
12	Кирказоновые (Aristolochiaceae Juss.)	1	1,45
13	Колокольчиковые (Campanulaceae Juss.)	1	1,45
14	Крапивные (Urticaceae Juss.)	1	1,45
15	Лилейные (Liliaceae Juss.)	2	2,90
16	Лютиковые (Ranunculaceae Juss.)	2	2,90
17	Мареновые (Rubiaceae Juss.)	2	2,90
18	Мелантиевые (Melanthiaceae Batsch)	1	1,45
19	Норичниковые (Scrophulariaceae Juss.)	2	2,90
20	Подорожниковые (Plantaginaceae Juss.)	2	2,90
21	Розовые (Rosaceae Juss.)	10	14,49
22	Сложноцветные (Asteraceae Dumort.)	8	11,59
23	Орхидные (Orchidaceae Juss.)	2	2,90
24	Первоцветные (Primulaceae Vent.)	2	2,90
25	Политриховые (Polytrichaceae)	1	1,45
26	Толстянковые (Crassulaceae DC.)	1	1,45
27	Щитовниковые (Dryopteridaceae Ching)	1	1,45
28	Яснотковые (Lamiaceae)	1	1,45
Всего		69	100

Из 28 семейств наиболее встречаемыми являются розовые (8 видов), вересковые (7 видов), сложноцветные (8 видов), бобовые (7 видов) и злаковые (4 вида). Многие семейства представлены лишь одним видом ЖНП.

Помимо информации о видовом разнообразии живого напочвенного покрова, очень важно иметь данные о его фитомассе. Надземная фитомасса травянистых растений в значительной степени определяет депонирование углерода нижними ярусами растительности, величину опада, пожарную опасность, хозяйственную значимость вида. Поэтому объективные данные о надземной фитомассе живого напочвенного покрова являются важной информацией о процессах формирования сосновых насаждений. Данные о видовом составе ЖНП и его надземной фитомассе в абсолютно сухом состоянии на ПП приведены в прил. 5. Эти материалы свидетельствуют, что количество видов ЖНП на различных ПП варьирует и составляет от 14 до 30. Причем максимальное количество видов зафиксировано на ПП 6 и ПП 9 (по 30 видов), пройденных в разные годы рубками обновления, а не на контрольных ПП. Этот факт указывает на то, что проведение рубок обновления может приводить как к увеличению количества видов ЖНП, так и к его снижению. Что касается соотношения видов ЖНП, то здесь имеются различия как между ПП, пройденными в разные

годы рубками обновления различной интенсивности, так и с контрольными ПП.

По мнению многих авторов, эффективным показателем трансформации насаждений является индекс общности видов. Поэтому нами рассчитаны индексы общности Жаккара и Чекановского – Сьеренсена при сравнении видовых составов ЖНП на ПП, заложенных в насаждениях, пройденных рубками обновления, и на контрольных ПП. Вычисленные значения индексов общности приведены в табл. 5.14.

Значения индекса общности Жаккара свидетельствуют, что не наблюдается соответствия видовых составов живого напочвенного покрова ПП, пройденных рубками обновления, с аналогичными на контрольных ПП, за исключением ПП 1 и ПП 3, где обнаруживается малое соответствие. На ПП 21 установлено наименьшее сходство видов ЖНП, при том что по количеству зафиксированных видов ЖНП ПП 21 и ПП 22К почти не отличаются. Отметим, что насаждение ПП 21 пройдено рубкой обновления 5 лет назад. С увеличением давности рубки происходит увеличение индекса общности, о чем свидетельствуют полученные данные. Поэтому можно сделать вывод о существенном влиянии рубок обновления на видовой состав ЖНП, особенно в первые годы после их проведения.

Таблица 5.14

Степень общности видового состава ЖНП  
на контрольных и опытных ПП

ПП	Давность рубки обновления, лет	Интенсивность рубки, %	Индекс общности Жаккара $I_J$	Индекс общности Чекановского – Сьеренсена $I_{CS}$
1	24	99	0,22	0,56
3	18, 11	35, 50	0,24	0,63
5	17	40	0,19	0,48
6	22	100	0,18	0,44
9	16, 8	35, 74	0,19	0,48
15	8	32	0,11	0,25
19	15	16	0,16	0,37
20	15	17	0,13	0,30
21	5	21	0,07	0,15

Вычисленные показатели индекса общности Чекановского – Сьеренсена подтверждают вышеизложенные выводы.

Сравнение достоверности сходства видового состава ЖНП производим с помощью критерия Фишера по формуле (4.4) (см. п. 4.4).

Во всех случаях вычисленные значения критерия Фишера  $F_{\text{выч}}$  больше табличных  $F_{\text{табл}}$ , следовательно, сравниваемые ПП достоверно различаются по доле общих для них видов, т. е. несхожи по флористическому составу.

Известно, что упрощение видового состава экосистем неизбежно сопровождается снижением их устойчивости по отношению к всякого рода воздействиям. Поэтому, помимо изменения количественного показателя видового состава, несомненно, немаловажное значение имеет и его качественный показатель.

На всех ПП имеют свою представленность виды семейства злаковых: вейник наземный, тимофеевка луговая, мятлик луговой и мятлик узколистый с долей в общей наземной фитомассе ЖНП от 6,8 до 48,0 %. Причем вейник наземный встречается на всех ПП и доля его в общей фитомассе находится в пределах 7,7–41,0 %. Мятлик узколистый с долей в общей фитомассе ЖНП 3,5–33,3 % зафиксирован на большинстве ПП, за исключением ПП 6 и ПП 19. Наибольшую долю в фитомассе ЖНП представители семейства злаковых в совокупности занимают на ПП 21 (61,8 %), где проведена одноприёмная рубка обновления 5 лет назад, тогда как на контрольной ПП 22К эта доля составляет лишь 18,4 %, т. е. меньше в 3,4 раза.

В насаждении ПП 9, пройденном двухприёмной рубкой обновления 8 лет назад, доля растений семейства злаковых в общей фитомассе ЖНП минимальна – 15,7 %. Это немаловажно, поскольку представители семейства злаковых образуют плотную дернину, что отрицательно сказывается на возобновлении древесных пород (Мелехов, 1980).

Брусника является видом ЖНП, произрастающим на всех ПП. Вторым видом по представленности на ПП после вейника наземного и брусники является костяника, ее отсутствие отмечается только на ПП 21. Далее следует земляника лесная, не обнаруженная на ПП 19 и ПП 22К.

Известно, что некоторые виды травянистых растений являются индикаторами состояния лесорастительных условий. Так, например, обнаруженная нами на ПП 9 кошачья лапка свидетельствует о сухости почв.

Ряд растений, образующих ЖНП, благоприятно воздействуют на среду, а через неё и на возобновление леса. Так, некоторые растения способствуют разрыхлению почвы. К их числу относятся иван-чай узколистый, копытень европейский, вороний глаз. Эти растения улучшают физические, химические и биологические свойства почвы.



А это, в свою очередь, благоприятствует прорастанию семян, росту всходов и подраста (Мелехов, 1980). Так, иван-чай узколистый обнаружен нами на ПП 9 (6,3 кг/га), ПП 15 (15,5 кг/га), копытень европейский на ПП 21 (26,2 кг/га) и вороний глаз на ПП 5 (0,1 кг/га), ПП 9 (5,4 кг/га), ПП 19 (21,6 кг/га). Все указанные виды представлены в насаждениях, пройденных рубками обновления интенсивностью 16–40 %.

Особо следует отметить наличие на ПП видов семейства Орхидные (*Orchidaceae* Juss.), входящих в «Перечень объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу РФ»: на ПП 1 это венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), а на ПП 21 – ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris* L.). Наличие венерина башмачка на ПП 1, пройденной рубками обновления интенсивностью 99 %, свидетельствует, что рубки обновления не ухудшают условий произрастания особо охраняемых видов ЖНП даже при их завершении. Отметим, что ятрышник шлемоносный – растение светлых лесов, лугов и опушек, что, возможно, и обуславливает его произрастание на ПП 21, где 5 лет назад провели рубку обновления, увеличившую освещенность.

### 5.3.2. Распределение видов и надземной фитомассы живого напочвенного покрова по ценотипам

Зафиксированные 69 видов ЖНП при исследовании сосняков в Кыштымском лесничестве Челябинской области в соответствии с их биологическими особенностями были объединены в ценотипы (экосистемные группы): лесные, луговые, лесолуговые, лесные синантропы и луговые синантропы.

Под ценотипами понимаются экотопы, возникшие под влиянием ценотипического окружения (т. е. сформировавшиеся в разных растительных сообществах) или под влиянием других биотических факторов (Горышина, 1979). Группа лесных видов включает травянистые, кустарничковые растения и мхи, произрастающие в обычных условиях под пологом древостоев, группа луговых – луговые. Группа лесолуговых включает виды, произрастающие преимущественно в изреженных древостоях и в редирах. К группе лесных синантропов относятся представители ЖНП, произрастающие под пологом древостоев при наличии существенных рекреационных нагрузок. К группе луговых синантропов относятся представители ЖНП, произрастающие на лугах при наличии существенных рекреационных нагрузок. В прил. 1

приведено распределение встречающихся на ПП видов ЖНП по цено-типам.

К группе лесных видов на экспериментальных объектах относится 32 представителя ЖНП. Доминируют следующие представители травянистой растительности: черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), герань лесная (*Geranium silvaticum* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), костяника (*Rubus saxatilis* L.), майник двулистный (*Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt).

Из 15 луговых видов, произрастающих на ПП, доминирующими являются клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), бедренец-камнеломка (*Pimpinella saxifraga* L.), буквица лекарственная (*Betonica officinalis* L.), манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.).

Представителями лесолуговой группы являются 16 видов ЖНП. Типичные из них – мятлик узколистый (*Poa angustifolia* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* Roth.), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.) и др.

К группе лесных синантропов отнесены крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.). Эти виды, как правило, появляются в составе ЖНП в результате влияния антропогенных нагрузок. Так, например, имеется их большая представленность на ПП 9, заложенной на участке, подвергающемся рекреационным нагрузкам, главным образом используемом местным населением для сбора ягод.

К луговым синантропам относится подмаренник северный (*Gallium boreale* L.), который присутствует на ПП 5, 6, 9, 20 и 22К; подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.) – на ПП 5 и 9.

В табл. 5.15 представлено распределение количества видов живого напочвенного покрова на ПП по ценотипам, в табл. 5.16 – распределение его надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии, а в виде диаграммы – на рис. 5.30.

Анализ данных табл. 5.15 и 5.16 свидетельствует, что имеются различия в распределении количества видов ЖНП и его надземной фитомассы на ПП, пройденных рубками обновления, и контрольных ПП. Так, на ПП, заложенных в Кыштымском участковом лесничестве, отмечается следующее. На контрольной ПП 10К из 24 видов ЖНП 50 % отнесено к лесным видам, 25 % – к лесолуговым, а остальная часть принадлежит луговым видам и лесным синантропам.

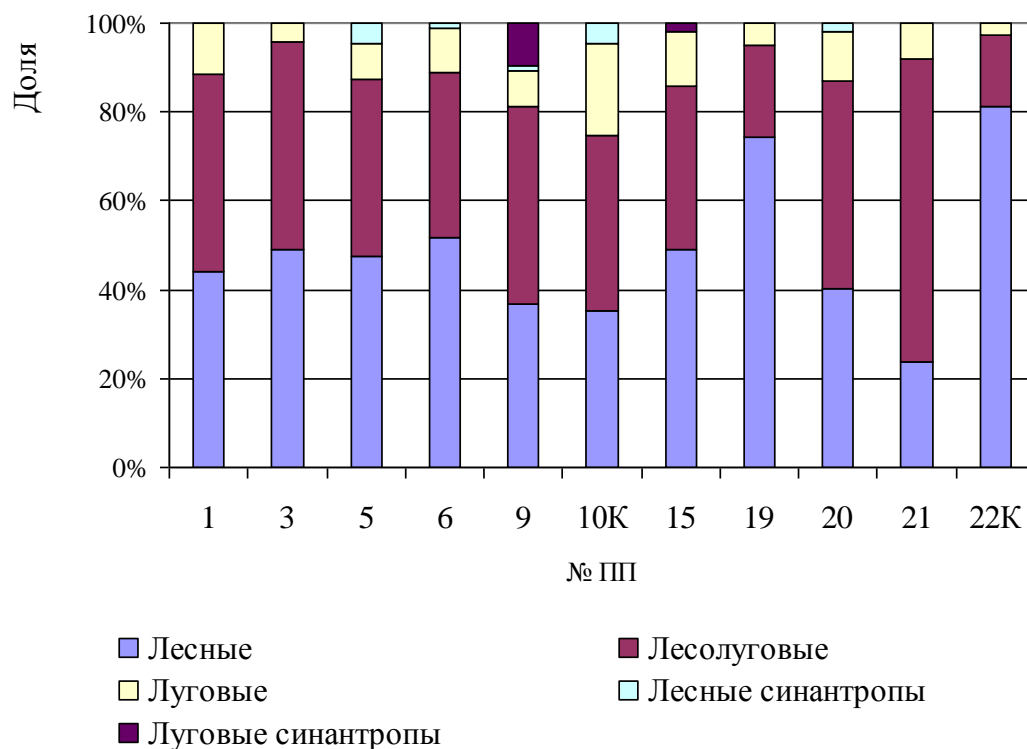


Рис. 5.30. Распределение надземной фитомассы ЖНП по ценотипам

Таблица 5.15

Распределение количества видов живого напочвенного покрова по ценотипам на ПП, шт./ %

№ ПП	Давность рубки, лет	Интенсивность рубки, %	Лесные	Лесолуговые	Луговые	Лесные синантропы	Луговые синантропы	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	24	99	$\frac{7}{38,1}$	$\frac{3}{19,0}$	$\frac{9}{42,9}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{19}{100}$
3	18, 11	35, 50	$\frac{10}{58,8}$	$\frac{3}{17,6}$	$\frac{4}{23,6}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{17}{100}$
5	17	40	$\frac{6}{33,3}$	$\frac{4}{22,3}$	$\frac{6}{33,3}$	$\frac{2}{11,1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{18}{100}$
6	22	100	$\frac{16}{53,3}$	$\frac{8}{26,7}$	$\frac{5}{16,7}$	$\frac{1}{3,3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{30}{100}$
9	16, 8	35, 74	$\frac{8}{26,7}$	$\frac{7}{23,3}$	$\frac{8}{26,7}$	$\frac{2}{6,6}$	$\frac{5}{16,7}$	$\frac{30}{100}$
10K	-	-	$\frac{12}{50,0}$	$\frac{5}{20,8}$	$\frac{6}{25,0}$	$\frac{1}{4,2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{24}{100}$
15	8	32	$\frac{8}{50,0}$	$\frac{3}{18,8}$	$\frac{4}{25,0}$	$\frac{0}{6,2}$	$\frac{1}{6,6}$	$\frac{16}{100}$
19	15	16	$\frac{10}{71,4}$	$\frac{1}{7,2}$	$\frac{3}{21,4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{14}{100}$

Окончание табл. 5.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	15	17	<u>13</u> 56,5	<u>6</u> 26,1	<u>3</u> 13,0	<u>1</u> 4,4	<u>0</u> 0	<u>23</u> 100
21	5	21	<u>8</u> 53,3	<u>5</u> 33,3	<u>2</u> 13,4	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>15</u> 100
22К	-	-	<u>10</u> 71,4	<u>2</u> 14,3	<u>2</u> 14,3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>14</u> 100

Таблица 5.16

Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова в абсолютно сухом состоянии на ПП по ценотипам, кг/га/ %

№ ПП	Давность рубки, лет	Интенсивность рубки, %	Лесные	Лесолуговые	Луговые	Лесные синантропы	Луговые синантропы	Всего
1	24	99	<u>214,0</u> 44,2	<u>214,0</u> 44,2	<u>56,3</u> 11,6	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>484,3</u> 100
3	18, 11	35, 50	<u>488,1</u> 49,1	<u>464,3</u> 46,7	<u>42,7</u> 4,3	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>995,1</u> 100
5	17	40	<u>414,1</u> 47,6	<u>345,9</u> 39,7	<u>70,7</u> 8,1	<u>40,0</u> 4,6	<u>0</u> 0	<u>870,7</u> 100
6	22	100	<u>352,6</u> 51,6	<u>253,5</u> 37,1	<u>68,7</u> 10,0	<u>9,2</u> 1,3	<u>0</u> 0	<u>684,0</u> 100
9	16, 8	35, 74	<u>748,9</u> 36,7	<u>909,6</u> 44,5	<u>168,0</u> 8,2	<u>25,4</u> 1,2	<u>191,3</u> 9,4	<u>2043,2</u> 100
10К	-	-	<u>289,8</u> 35,1	<u>327,9</u> 39,7	<u>170,4</u> 20,6	<u>37,7</u> 4,6	<u>0</u> 0	<u>825,8</u> 100
15	8	32	<u>378,5</u> 49,0	<u>284,8</u> 36,8	<u>94,5</u> 12,2	<u>0</u> 0,0	<u>15,5</u> 2,0	<u>773,3</u> 100
19	15	16	<u>455,5</u> 74,5	<u>126,1</u> 20,6	<u>30,1</u> 4,9	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>611,7</u> 100
20	15	17	<u>346,6</u> 40,2	<u>403,2</u> 46,7	<u>96,3</u> 11,2	<u>16,7</u> 1,9	<u>0</u> 0	<u>862,8</u> 100
21	5	21	<u>321,7</u> 23,7	<u>929,0</u> 68,3	<u>109,5</u> 8,0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>1360,2</u> 100
22К	-	-	<u>367,4</u> 81,1	<u>74,0</u> 16,3	<u>11,8</u> 2,6	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>453,2</u> 100

На ПП 9, пройденной двумя приемами рубки и к настоящему времени представляющей собой низкополнотное насаждение, распределение видов по ценотипам сильно отличается. Здесь зафиксированы представители всех ценотипов, при этом ПП 9 характеризуется широким видовым разнообразием (30 видов). То есть проведение рубок

обновления и, как следствие этого, увеличение освещенности приводит к появлению луговых и луговых синантропных видов ЖНП, таких как подорожник большой, клевер ползучий, крапива двудомная, лапчатка гусиная и тысячелистник обыкновенный. Однако изменения ЖНП являются кратковременными, и после формирования молодого древостоя видовой состав ЖНП приближается к таковому на контроле.

Помимо увеличения количества видов и изменения качественного состава, меняется и общая надземная фитомасса ЖНП. Так, надземная фитомасса ЖНП в абсолютно сухом состоянии на ПП 9 превышает аналогичный показатель контрольной ПП 10К более чем в 2 раза. На большинстве ПП, пройденных рубками обновления, доминирует доля видов ЖНП лесного ценотипа, последнее указывает на то, что проведение рубок обновления не приводит к кардинальному изменению лесной среды. Этот факт подтверждают также данные, полученные в насаждениях с проведенным завершающим приемом рубки обновления (ПП 6), где зарегистрирована максимальная доля фитомассы лесного ценотипа.

Как свидетельствуют материалы табл. 5.15 и 5.16, на ПП 6 отмечается максимальное количество лесных видов – 16. Это такие типичные лесные виды, как брусника, вороний глаз, герань лесная, грушанка круглолистная, земляника лесная, костяника, черника, майник двулистный, медуница мягчайшая и др. Причем последняя отмечена нами только на ПП 6 и контрольной ПП 10К.

В насаждениях Карабашского участкового лесничества прослеживаются следующие тенденции. Практически все виды растений ЖНП отнесены к лесному, луговому и лесолуговому ценотипам. Лишь на ПП 15 отмечается произрастание иван-чая узколистного, представляющего ценотип луговых синантропов, а на ПП 20 – подмаренника северного, отнесенного к ценотипу лесных синантропов.

На всех ПП как пройденных рубками обновления, так и контрольной ПП 22К преобладающее большинство произрастающих видов ЖНП относится к лесному ценотипу. Однако что касается распределения надземной фитомассы по ценотипам, то такой тенденции не наблюдается в отношении ПП 20 и ПП 21, пройденных рубками обновления 15 и 5 лет назад соответственно. Отметим также, что на ПП 19 и ПП 20, пройденных рубками обновления интенсивностью 16–17 % 15 лет назад, доля надземной фитомассы лесных видов существенно различается. Основными лесными видами ЖНП здесь являются герань лесная, грушанка круглолистная, дудник лесной, земляника лесная, чина весенняя, майник двулистный, костяника и др.

ПП 21 характеризуется большой долей лесолуговых видов в составе ЖНП – 68,5 % от надземной фитомассы. Причиной последнего, вероятно, послужило увеличение освещенности в насаждении в результате проведения рубки обновления 5 лет назад. Увеличение фитомассы лесолуговых видов произошло за счет разрастания представителей семейства злаковых, главным образом мятлика узколистного. Однако это не отражается отрицательно на появлении всходов и росте подроста, о чем свидетельствуют данные, приведенные в п. 5.2.

### 5.3.3. Распределение надземной фитомассы живого напочвенного покрова по хозяйственному значению

Пользование недревесными, второстепенными и невесомыми (экологические и социальные функции) ресурсами леса в 2–4 раза по стоимости превышает пользование древесиной (Луганский и др., 2010). Поэтому задача развития многоцелевого лесопользования является актуальной.

Сырьевое значение дикорастущих лесных трав и кустарничков на общероссийском и региональном уровнях широко освещено многочисленными авторами (Нейштадт, 1948; Карташова, 1955; Задорожный и др., 1988; Красноборов и др., 2000; Безгина, 2001; Чижов, 2003).

Известно, что травянистые растения являются источником лекарственного, пищевого и технического сырья. Некоторые растения имеют декоративное и медоносное значение.

Каждый вид, произрастающий в природе, чаще всего имеет не одно применение. Так, например, клевер луговой является пищевым растением, из листьев которого готовят салаты, ими заправляют зелёные щи, ботвинью. Сухие растёртые листья в прошлом добавляли к муке при выпечке ржаного хлеба, а также использовали для приготовления соусов и при производстве сыров. В то же время клевер является одной из наиболее ценных кормовых трав. 100 кг сена клевера лугового содержат 52,2 кормовых единицы. По питательности он почти не уступает люцерне. Растение широко используется на зелёный корм, для заготовки сена, сенажа и силоса. После уборки семян солома идёт на корм. Широко культивируется как кормовое растение. Из корней выделено антигрибковое вещество – трифолиризин. С древних времён клевер служит составной частью ароматических целебных ванн и лечебных чаев. Эссенцию из свежих цветущих растений применяют в гомеопатии. Цветочные головки и листья исполь-

зовали в отечественной народной медицине: внутрь – как отхаркивающее, мочегонное и антисептическое средство при цистите, вяжущее при желудочно-кишечных расстройствах; наружно — при фурункулёзах и ожогах, как смягчительное и болеутоляющее при ревматических и невралгических болях. В народной медицине различных стран отвар и настой цветков применяли как средство, повышающее аппетит, при туберкулёзе, как противокашлевое при коклюше, бронхиальной астме, при малярии, мигрени, маточных кровотечениях, болезненных менструациях, болях. Соком свежего растения промывали глаза при аллергии. Измельчённые листья прикладывали к гнойным ранам и язвам. Также его использовали при псориазе и боли в суставах. Клевер – ценный медонос, но нектар доступен только пчёлам с длинным хоботком, поэтому медопродуктивность составляет всего 6 кг мёда с гектара посевов. Мёд относится к лучшим сортам, долго не засахаривается.

Содержание дубильных веществ в корневищах лапчатки прямостоячей колеблется от 7 до 22 %, что позволяет использовать её для дубления кож. Корневище с железным купоросом дает черную краску, а с квасцами – красную. В медицине также применяют корневище как вяжущее при заболеваниях желудочно-кишечного тракта.

Листья крапивы двудомной содержат до 5 % хлорофилла, более 2 % дубильных веществ. Из них готовят безвредный зеленый краситель для пищевой и парфюмерной промышленности. Супы, салаты из крапивы не только вкусны, но и полезны. Питательные побеги крапивы двудомной являются хорошим кормом для коров, свиней, овец, домашней птицы. При этом крапива двудомная – одно из сорных трудно истребляемых растений. Жгучие волоски крапивы содержат муравьиную кислоту, которая при попадании на кожу вызывает ощущение ожога.

Иван-чай узколистный является превосходным медоносом. В одном цветке содержится до 25 мг нектара, а с 1 га пчелы могут собрать 100 кг меда. Листья и корни этого растения богаты дубильными веществами. Из молодых побегов и листьев можно готовить супы, салаты. Поджаренные корни используют для изготовления кофе. Лубяные волокна могут быть использованы для изготовления веревок и тканей, семена дают масло (40–50 % массы семян) (Абрамова и др., 2007).

Для исследования структуры ЖНП в сосняках после проведения рубки обновления его виды распределены по основным группам хозяйственного значения согласно классификации А.Ф. Черкасова (2000) (см. прил. 3). При распределении видов ЖНП по хозяйственному значению масса каждого вида учитывалась в каждой группе, где



растение представляет практическую ценность (табл. 5.17). Например, фитомасса бедренца-камнеломки учитывалась в группе лекарственных, пищевых, медоносных, технических и сорных видов.

*Таблица 5.17*

Распределение надземной фитомассы видов ЖНП  
по хозяйственному значению, кг/га / %

ПП	Хозяйственное значение								Общая надземная фитомасса
	лекарственное	ядовитое	техническое	медоносное	кормовое	декоративное	пищевое	сорное	
1	<u>200,9</u> 38,7	<u>49,8</u> 9,6	<u>55,3</u> 10,6	<u>156,0</u> 30,0	<u>384,7</u> 74,0	<u>206</u> 39,6	<u>161,6</u> 31,1	<u>73,7</u> 14,2	<u>484,3</u> 100
3	<u>506,6</u> 50,9	-	<u>19,4</u> 1,9	<u>471,0</u> 47,3	<u>546</u> 54,9	<u>442,5</u> 44,5	<u>436,7</u> 43,9	<u>4,2</u> 0,4	<u>995,1</u> 100
5	<u>432,8</u> 49,7	<u>23,4</u> 2,7	<u>42,4</u> 4,9	<u>394,0</u> 45,3	<u>462,9</u> 53,2	<u>354,4</u> 40,7	<u>410,1</u> 47,1	<u>15</u> 1,7	<u>870,6</u> 100
6	<u>294,9</u> 43,1	<u>73,8</u> 10,8	<u>132,2</u> 19,3	<u>185,2</u> 27,1	<u>334,8</u> 48,9	<u>238,3</u> 34,8	<u>232,5</u> 34,0	<u>74,8</u> 10,9	<u>683,9</u> 100
9	<u>1076,3</u> 52,6	<u>31,2</u> 1,5	<u>348,8</u> 17,1	<u>967,0</u> 47,3	<u>1410,3</u> 69,0	<u>369,5</u> 18,1	<u>928,8</u> 45,4	<u>94,5</u> 4,6	<u>2043,2</u> 100
10K	<u>416,2</u> 35,1	<u>42,5</u> 3,9	<u>133,5</u> 12,2	<u>318,6</u> 29,2	<u>525,4</u> 48,2	<u>329,1</u> 30,2	<u>156,3</u> 14,3	<u>14,7</u> 1,3	<u>825,8</u> 100
15	<u>167,3</u> 21,6	<u>16,2</u> 2,1	<u>179,6</u> 23,2	<u>179,6</u> 23,2	<u>429,1</u> 55,5	<u>300,3</u> 38,8	<u>346,1</u> 44,8	<u>31,8</u> 4,1	<u>773,3</u> 100
19	<u>287,9</u> 47,1	<u>29,0</u> 4,7	<u>32,8</u> 5,4	<u>89,8</u> 14,7	<u>234,7</u> 38,4	<u>133,5</u> 21,8	<u>398</u> 65,1	<u>14,4</u> 2,4	<u>611,7</u> 100
20	<u>324,7</u> 37,7	<u>108,5</u> 12,6	<u>114,6</u> 13,3	<u>225,9</u> 26,2	<u>604,1</u> 70,0	<u>530,9</u> 61,5	<u>428,8</u> 44,7	<u>120,5</u> 14,0	<u>862,8</u> 100
21	<u>478,2</u> 35,9	-	<u>91,0</u> 6,8	<u>292,4</u> 21,9	<u>1096,2</u> 80,1	<u>856,3</u> 64,1	<u>158,9</u> 11,6	<u>58,4</u> 4,4	<u>1360,2</u> 100
22K	<u>336,7</u> 74,3	<u>59,0</u> 13,0	<u>1,8</u> 0,4	<u>238,5</u> 52,6	<u>174,5</u> 38,5	<u>143</u> 31,6	<u>291,1</u> 64,2	<u>59,0</u> 13,0	<u>453,2</u> 100

В далеком прошлом растения были почти единственным источником лекарственных средств. По мере совершенствования химического синтеза человек научился создавать биологически активные

вещества, которые помогли побороть ранее неизлечимые болезни. Установлено, что синтетические лекарственные средства в значительной степени аллергизируют организм. В настоящее время медицинская практика широко прибегает к одновременному использованию лекарственных трав и синтетических препаратов (Пастушенков и др., 1990). К группе лекарственных растений, произрастающих в исследуемых сосняках, относятся брусника, будра плющевидная, герань лесная, клевер луговой и др.

Анализ табл. 5.17 свидетельствует, что доля растений, имеющих лекарственное значение, на ПП довольно высока и колеблется от 21,6 до 74,3 %. Причем на территории Кыштымского участкового лесничества доля лекарственных видов в фитомассе на всех ПП, пройденных рубками обновления, превышает таковую на контрольной ПП 10К. Максимальная доля лекарственных растений зафиксирована на ПП 3 и ПП 9, пройденных двумя приемами рубок обновления. Но в условиях Карабашского участкового лесничества, наоборот, на контрольной ПП 22К доля фитомассы лекарственных видов значительно превышает аналогичный показатель на ПП, пройденных рубками обновления. Это означает, что проведение рубок обновления влияет на долевое участие лекарственных видов в фитомассе ЖНП.

Многие растения, произрастающие в лесу, являются ядовитыми. Даже такие лекарственные растения, как василистник малый, копытень европейский при использовании их в высокой концентрации могут быть ядовитыми. Доля таких растений в сосняках, пройденных рубками обновления, составляет от 1,5 до 12,6 %, тогда как на контрольной ПП она равна 3,9 и 13,0 %. В насаждениях ПП 3 и ПП 21 таких растений не обнаружено вовсе.

К технической группе относят четыре подгруппы растений: красильные, дубильные, волокнистые и специально технологические. Наименьшая доля фитомассы видов, имеющих техническое значение, зафиксирована в Карабашском участковом лесничестве на контрольной ПП 22К (0,4 %), тогда как на ПП, пройденных рубками обновления, их доля составляет от 5,4 до 23,2 %. В условиях Кыштымского участкового лесничества наблюдается другая картина: доля фитомассы растений, имеющих техническое значение, на контрольной ПП 10К превышает таковую на ПП 1, 3 и 5.

Что касается кормовых видов, то здесь наблюдается четкая тенденция увеличения их в насаждениях, пройденных рубкой, как в условиях Карабашского, так и Кыштымского участковых лесничеств.

При этом максимальная доля этих видов (89,2 %) зафиксирована на ПП 21, где рубка обновления была проведена 5 лет назад.

Доля сорных видов, таких как клевер ползучий, осот полевой, на ПП обоих лесничеств в фитомассе ЖНП невелика и составляет от 0,4 до 14,0 %, при этом влияния проведения рубок на этот показатель не наблюдается.

Поскольку наши исследования проведены в лесах, имеющих рекреационное значение, то большой интерес представляют виды ЖНП, которые имеют декоративное, медоносное и пищевое значение. Декоративные виды ЖНП обладают красивой формой и разнообразием окраски цветов, листьев и плодов. Их созерцание в лесу радует глаз. На исследуемых ПП к ним отнесены бубенчик лилиелистный, иван-чай узколистый, кошачья лапка двудомная, первоцвет весенний, тысячелистник обыкновенный и другие виды. Доля фитомассы таких растений на ПП высока и оставляет более 30 %, за исключением ПП 9 (18,1 %) и ПП 19 (21,8 %).

В условиях южной подзоны тайги произрастает более 200 видов травянистых медоносов. Каждый медонос формирует специфичный по составу, качеству и вкусу мед (Луганский и др., 2010). Среди травянистых и кустарничковых медоносов наших условий особо следует отметить различные виды клевера, иван-чай узколистый, медуницу мягчайшую, сныть обыкновенную, а также чернику, костянику и землянику лесную. Максимальная доля таких видов зафиксирована в насаждениях ПП 3 и ПП 9 (47,3 %), пройденных двумя приемами рубок обновления.

К видам, имеющим пищевое значение, кроме тех, которые имеют съедобные ягоды, относятся также и такие, сырье которых используется или может быть использовано в пищевой промышленности. Например, к ним относятся будра плющевидная, свежие побеги которой применяются для ароматизации тонизирующего напитка, широко распространенного в Англии. Молодые побеги сныти обыкновенной возможны для употребления в пищу как овощ. Их используют в щах вместо капусты (Нейштадт, 1948). Как свидетельствуют материалы табл. 5.17, доля фитомассы таких видов на ПП Кыштымского участкового лесничества, пройденных рубками обновления, в 2–3 раза превышает таковую на контрольной ПП 10К. В условиях Карабашского участкового лесничества такой тенденции не выявлено.

В лесах для пищевых целей собираются ягоды черники, брусники, клубники, земляники, костяники и других растений. Лесные дикие ягоды являются очень полезными для жизнедеятельности человека.

Они содержат сахар, кислоты, глюкозу, различные витамины. Урожайность ягод весьма различна и зависит в первую очередь от зонально-географических условий, а именно: в Челябинской области урожайность брусники составляет 110–180 кг/га, в Республике Марий Эл – 1000–1200, в Западной Сибири – 70–230 кг/га, черники – 130–2060, 300–400, 95–200 кг/га соответственно (Луганский и др., 2001).

Таким образом, чем лучше природные условия региона соответствуют тому или иному дикоросу, тем выше его урожайность. Зависит урожайность также от погодных условий каждого вегетационного периода. Урожаи чередуются от обильных и высоких до ничтожных. Обильные урожаи повторяются у различных дикоросов через 2–3 года, выше средних – через 3–4 и даже через 4–10 лет. Дифференцируется урожайность плодов и ягод и по типам леса. Один и тот же дикорос в различных типах леса дает неодинаковые урожаи. Урожайность брусники в Ленинградской области по типам леса в сосняках при полноте древостоя 0,5 составила: в брусничном – 832, в чернично-долгомошном – 1040 кг/га. В большей мере на урожайность дикоросов влияет сомкнутость крон древостоя. Фактический объем сбора дикорастущих плодов и ягод относительно небольшой. Он составляет в нашей стране в среднем (по разным оценкам) 2–5 % от биологического урожая, хотя по отдельным регионам может быть значительно выше (Луганский и др., 2001).

Отметим, что в районе исследований наиболее популярными и излюбленными для сбора населением ягодами являются черника и брусника. Поэтому установление влияния рубок лесных насаждений на состояние этих видов ЖНП в них является, несомненно, актуальной задачей. Нами предпринята попытка проанализировать влияние проведения рубок обновления на надземную фитомассу ягодниковых видов ЖНП.

В табл. 5.18 приведено распределение надземной фитомассы дикоросов (ягодниковых растений) на ПП.

Материалы табл. 5.18 свидетельствуют, что в исследуемых нами насаждениях в составе ЖНП произрастают следующие виды ягодниковых кустарничков и травянистых растений: черника, брусника, земляника лесная, костяника и клубника луговая. Отметим, что последняя зафиксирована нами только на ПП 5. Известно, что естественными условиями местопроизрастания являются открытые места и луга. Поэтому ее появление в данном насаждении можно объяснить тем, что после проведения рубки обновления в 1998 г. полнота древостоя была снижена до 0,3 с фактическим образованием редины. Однако к

настоящему времени, спустя 17 лет после рубки, данный лесной участок представляет собой двухъярусное насаждение с высокой полной древостой, но выпадение клубники луговой из состава ЖНП не произошло, что, несомненно, является положительным моментом в рекреационной ценности лесного насаждения.

Таблица 5.18

Распределение надземной фитомассы дикоросов  
в абсолютно сухом состоянии, кг/га / %

№ ПП	Брус- ника Vaccin- ium vi- tis idaea L.	Земля- ника лесная Fragaria vesca L.	Клубни- ка луго- вая Fragaria viridis Duch.	Костя- ника Rubus saxatilis L.	Черника Vaccinium myrtillus L.	Итого ягод- нико- вых	Фито- масса всего ЖНП	Коли- че- ство видов ЖНП, шт.	Ко- личе- ство видов ягод- нико- вых, шт.
1	<u>49,7</u> 9,6	<u>28,5</u> 5,5	-	<u>45,2</u> 8,7	-	<u>120,7</u> 23,2	<u>483,4</u> 100	19	3
3	<u>18,5</u> 1,9	<u>22,5</u> 2,3	-	<u>44,6</u> 4,5	<u>375,4</u> 37,7	<u>461,0</u> 46,3	<u>995,1</u> 100	17	4
5	<u>113,2</u> 13,0	<u>8,1</u> 0,9	<u>10,2</u> 1,2	<u>44,2</u> 5,2	<u>246,9</u> 28,4	<u>422,6</u> 48,5	<u>870,7</u> 100	18	5
6	<u>31,2</u> 4,6	<u>11,0</u> 1,6	-	<u>10,1</u> 1,5	<u>73,1</u> 10,7	<u>125,4</u> 18,3	<u>684,0</u> 100	30	4
9	<u>353,0</u> 17,3	<u>30,6</u> 1,5	-	<u>15,1</u> 0,7	-	<u>398,7</u> 19,5	<u>2043,2</u> 100	30	3
10К	<u>49,7</u> 6,0	<u>28,5</u> 3,5	-	<u>2,2</u> 0,3	<u>58,8</u> 7,1	<u>139,2</u> 16,9	<u>825,8</u> 100	24	4
15	<u>262,3</u> 33,9	<u>8,4</u> 1,1	-	<u>30,0</u> 3,9	-	<u>300,8</u> 38,9	<u>773,3</u> 100	16	3
19	<u>212,3</u> 34,7	-	-	<u>25,1</u> 4,1	<u>138,5</u> 22,6	<u>375,9</u> 61,4	<u>611,7</u> 100	14	2
20	<u>79,1</u> 9,6	<u>6,3</u> 0,8	-	<u>24,8</u> 3,0	-	<u>110,2</u> 13,4	<u>826,8</u> 100	23	3
21	<u>95,2</u> 7,0	<u>63,7</u> 4,6	-	-	-	<u>158,9</u> 11,6	<u>1360,2</u> 100	15	2
22К	<u>25,1</u> 5,5	-	-	<u>0,3</u> 0,1	<u>7,1</u> 1,6	<u>32,5</u> 7,2	<u>453,2</u> 100	14	3

Обратимся к анализу ПП, заложенных на территории Кыштымского участкового лесничества. Доля фитомассы ягодниковых видов ЖНП на всех ПП, пройденных рубками обновления, выше, чем на контроле. На всех ПП произрастает брусника, костяника и земляника лесная. Максимальное значение фитомассы брусники зафиксировано нами в насаждении ПП 9 (353,0 кг/га), пройденном двумя приемами

рубков обновления (рис. 5.31). В этом насаждении показатель надземной фитомассы черники также высок – 398,7 кг/га, что больше такового на контрольной ПП 10К в 2,9 раза. Доля фитомассы земляники лесной варьирует на ПП от 0,9 до 5,5 %, а в абсолютных показателях – от 8,1 до 30,6 кг/га. На контрольной ПП эти показатели соответственно равны 3,5 % и 28,5 кг/га. То есть не прослеживается однозначного влияния проведения рубков обновления на фитомассу этого вида.



Рис. 5.31. Брусника на ПП 9

Костяника произрастает в насаждениях всех ПП, однако ягоды костяники не являются популярными для сбора населением. По данным Л.В. Пастушенкова (1990), ягоды костяники содержат углеводы, органические кислоты, аскорбиновую кислоту и жир. Препараты костяники обладают мочегонным, потогонным, противовоспалительным, противомикробным действием. Морс и сироп из ягод рекомендуют употреблять при лихорадке.

Несмотря на то, что ягоды костяники не занимают ведущих позиций по сбору среди населения в отличие от брусники, черники и земляники лесной, необходимо отметить, что доля фитомассы этого вида в составе ЖНП выше в насаждениях, где были проведены рубки обновления, о чем свидетельствуют материалы табл. 5.18.

Ягоды черники являются очень полезными и активно собираются населением в рекреационных лесах. В них содержатся углеводы, органические кислоты, витамины С, РР, В<sub>1</sub>, эфирное масло, полифенолы, дубильные вещества, флавоноиды и антоцианы. Ягоды черники используют при дизентерии, воспалениях слизистых оболочек желудка, тонкой кишки, изжоге, для усиления остроты зрения, в качестве противогнилостного средства, а в сочетании с ягодами земляники – при малокровии и мочекаменной болезни (Пастушенков и др., 1990).

Так, на территории Кыштымского участкового лесничества черника произрастает в насаждениях ПП 3, 5, 6 и 10К. При этом максимальная фитомасса черники зафиксирована в насаждении ПП 3 с полнотой древостоя 0,6, где было проведено два приема рубки обновления.

Перейдем к анализу ягодниковых видов ЖНП в насаждениях Карабашского участкового лесничества. Здесь зарегистрированы те же виды, что и в Кыштымском, за исключением клубники луговой. Анализ табл. 5.18 показывает, что надземная фитомасса всех ягодниковых видов ЖНП в насаждениях ПП, пройденных рубками обновления, превышает таковую на контрольной ПП 22К, причем как по абсолютным, так и по относительным показателям. Основная доля в фитомассе ягодниковых видов ЖНП принадлежит бруснике. Доминирует в этом сравнении насаждение ПП 19, доля фитомассы брусники на которой составляет 34,7 %. ПП 19 отличается также и самой высокой долей ягодниковых видов ЖНП – 61,5%, в том числе 22,6 % принадлежит фитомассе черники. Отметим, что это насаждение V класса возраста, где 15 лет назад проведена рубка обновления со снижением полноты древостоя с 0,6 до 0,5, а к настоящему времени полнота увеличилась до 0,8.

Наибольшая фитомасса земляники лесной отмечена нами на ПП 21, пройденной рубкой обновления 5 лет назад. Однако на этой ПП доля фитомассы брусники лишь незначительно выше, чем на контрольной ПП 22К. Возможно, это связано с тем, что брусника является не травянистым растением, а вечнозеленым кустарничком и она не так бурно реагирует на увеличение освещенности в первые годы после проведения рубок.

Костяника зарегистрирована на всех ПП, кроме ПП 21. Небольшая доля в фитомассе (0,1 %) принадлежит ей и на контрольной ПП 22К.

Таким образом, можно сделать вывод, что проведение рубок обновления различной интенсивности в условиях Карабашского и



Кыштымского участковых лесничеств приводит к увеличению доли надземной фитомассы ягодниковых видов ЖНП.

Поскольку ПП заложены в рекреационных лесах, необходимо учитывать, что, помимо проведения рубок, на состояние ЖНП оказывают влияние и другие антропогенные факторы: рекреационные нагрузки, аэротехногенное воздействие.

Отметим также, что при распределении надземной фитомассы ЖНП по группам хозяйственного значения целью исследований являлось не определение потенциальных объёмов заготовки, а установление степени влияния проведения рубок обновления на видовой состав надземной фитомассы ЖНП. В условиях воздействия промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» следует вести пропаганду среди населения о недопустимости сбора в лесах дикорастущих ягод и лекарственного сырья.

#### 5.3.4. Состояние подлеска в сосняках, пройденных рубками обновления

Основным объектом исследований влияния рубок обновления на лесное насаждение чаще всего является древостой. Другим же компонентам, в частности подлеску, уделяется значительно меньше внимания. Подлесок – кустарники, реже древесные породы, произрастающие под пологом леса на вырубках и гарях, неспособные образовать древостой в данных лесорастительных условиях. На Урале в подлеске широко представлены шиповник, жимолость, ива, малина, можжевельник, дрок, ракитник и т.д. В сложении подлеска участвуют деревья III величины, которые не выходят в древостой. Это рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная, некоторые виды ив. Даже древесные породы I величины, не находя для себя нужных лесорастительных условий, могут формировать подлесок. Например, ель на сухих каменистых местоположениях не превышает по высоте кустарник и не может сформировать древостой, на заболоченных почвах произрастает в подлеске стланиковая форма пихты. Липа в условиях тайги Урала из-за недостатка тепла в насаждениях растёт кустарником.

Нами на ПП 22 для изучения подлеска было заложено 330 учётных площадок размером 2 x 2 м каждая. При этом отмечались видовой состав, высота и жизненное состояние растения (здоровое, сухое, повреждённое).

В табл. 5.19 и 5.20 приведены количественная и качественная характеристики подлеска на ПП в сосняках Кыштымского и Карабаш-

ского участковых лесничеств, пройденных рубками обновления, и на контрольных ПП.

Таблица 5.19

Характеристика подлеска на ПП, заложенных на территории Кыштымского участкового лесничества

№ ПП	Вид	Густота, экз./га	Доля здоровых экземпляров, %	Средняя высота, м	Встречаемость, %
1	2	3	4	5	6
1	Ракитник русский	383	100	0,5	40
	Рябина обыкновенная	150	100	0,5	13
	Яблоня ягодная	183	100	0,8	33
	Итого	716	100	0,6	73
2	Ракитник русский	33	100	0,5	13
	Рябина обыкновенная	717	79	1,1	67
	Кизильник черноплодный	117	86	0,8	33
	Яблоня ягодная	100	100	0,7	40
	Итого	967	83	0,8	80
3	Ракитник русский	17	100	0,5	7
	Рябина обыкновенная	467	54	0,5	60
	Итого	534	55	0,5	60
4	Рябина обыкновенная	2383	0	1,3	93
	Кизильник черноплодный	67	0	0,9	7
	Итого	2450	0	1,3	93
5	Рябина обыкновенная	1383	100	0,9	100
	Яблоня ягодная	100	100	0,8	20
	Итого	1483	100	0,9	100
6	Рябина обыкновенная	950	96	0,8	80
	Яблоня ягодная	100	100	0,7	20
	Итого	1050	97	0,8	80

Окончание табл. 5.19

1	2	3	4	5	6
7	Ракитник русский	133	100	0,6	13
	Рябина обыкновенная	667	100	0,8	80
	Яблоня ягодная	150	100	0,7	27
	Итого	950	100	0,8	87
8	Ракитник русский	50	100	0,5	7
	Рябина обыкновенная	550	94	0,8	60
	Яблоня ягодная	33	100	0,5	20
	Итого	633	95	0,8	73
8	Ракитник русский	50	100	0,5	7
	Рябина обыкновенная	550	94	0,8	60
	Яблоня ягодная	33	100	0,5	20
	Итого	633	95	0,8	73
9	Ракитник русский	83	80	0,6	20
	Рябина обыкновенная	300	72	0,8	67
	Черемуха обыкновенная	17	100	0,5	7
	Кизильник черноплодный	167	100	0,7	20
	Итого	567	82	0,7	73
10К	Рябина обыкновенная	683	100	1,2	80
	Калина обыкновенная	17	100	0,9	7
	Кизильник черноплодный	600	58	0,9	46
	Яблоня ягодная	33	100	1,5	13
	Итого	1333	81	1,3	93

Таблица 5.20

Характеристика подлеска на ПП, заложенных на территории  
Карабашского участкового лесничества

№ ПП	Вид	Густота, экз./га	Доля здоро- вых экзем- пляров, %	Средняя высота, м	Встречае- мость, %
1	2	3	4	5	6
11	Малина обыкновенная	2183	95	0,7	7
	Калина обыкновенная	33	100	1,2	93
	Смородина чёрная	33	100	1,2	7
	Ива козья	17	0	1,5	7
	Итого	2266	94	0,7	93
12	Малина обыкновенная	33	100	2,0	7
	Рябина обыкновенная	67	75	1,5	13
	Черёмуха обыкновенная	17	100	1,5	7
	Ива козья	33	100	1,3	7
	Итого	150	89	1,6	26
13	Ракитник русский	17	100	0,7	7
	Рябина обыкновенная	17	100	1,5	7
	Калина обыкновенная	17	100	1,5	7
	Итого	51	100	1,2	20
14	Ракитник русский	50	100	0,6	20
	Ива козья	50	100	1,5	13
	Итого	100	100	1,0	27
15	Ракитник русский	117	100	0,6	27
	Рябина обыкновенная	83	100	1,3	27
	Калина обыкновенная	83	100	0,5	7
	Ива козья	17	100	1,5	7
	Итого	300	100	0,8	53
16	Ракитник русский	133	100	1,0	40

Продолжение табл. 5.20

1	2	3	4	5	6
	Рябина обыкновенная	150	100	0,9	40
16	Малина обыкновенная	33	100	0,6	13
	Липа мелколистная	83	100	0,8	20
	Итого	399	100	0,8	73
17	Калина обыкновенная	50	100	1,0	7
	Рябина обыкновенная	117	86	1,3	33
	Липа мелколистная	33	100	2,0	13
	Кизильник черноплодный	33	100	1,5	7
	Итого	233	93	1,3	40
18	Ракитник русский	67	100	0,7	20
	Рябина обыкновенная	250	100	0,8	13
	Калина обыкновенная	100	100	0,5	7
	Кизильник черноплодный	83	100	1,1	20
	Липа мелколистная	17	100	1,0	7
	Малина обыкновенная	83	100	0,4	7
	Итого	600	100	0,7	60
19	Ракитник русский	83	80	0,5	27
	Ива козья	50	100	1,6	13
	Итого	133	88	0,9	33
20	Малина обыкновенная	133	100	0,6	33
	Рябина обыкновенная	400	96	2,6	60
	Черёмуха обыкновенная	33	100	0,9	7
	Шиповник игольчатый	300	100	0,5	33
	Калина обыкновенная	50	100	1,0	7
	Итого	916	99	1,5	80

Окончание табл. 5.20

1	2	3	4	5	6
21	Рябина обыкновенная	83	100	1,2	13
	Малина обыкновенная	783	100	0,5	47
	Черёмуха обыкновенная	17	100	0,9	7
	Шиповник игольчатый	183	100	0,4	33
	Итого	1066	100	0,5	67
22К	Ракитник русский	183	100	0,5	40
	Рябина обыкновенная	133	100	0,6	27
	Черемуха обыкновенная	17	100	0,5	7
	Кизильник черноплодный	17	100	0,5	7
	Итого	350	100	0,5	60

Анализируя материалы табл. 5.19 и 5.20, необходимо отметить, что на всех ПП имеется подлесок, но показатели его состояния весьма различны. В составе подлеска присутствуют следующие 10 видов: ива козья (*Salix caprea* L.), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt.), ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* Fisch. ex Woloszez), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* L.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.), шиповник игольчатый (*Rosa acicularis* Lindl.) и черёмуха обыкновенная (*Radus avium* Mill.).

На каждой ПП в составе подлеска присутствует 2–4 вида. Наиболее распространенными в данных условиях являются рябина обыкновенная и ракитник русский. Причем рябина обыкновенная произрастает на всех ПП, а отсутствие ракитника русского отмечено нами только на ПП 4, 5, 6, а также на контрольной ПП 10К.

Из плодовых деревьев и кустарников в подлеске имеются такие виды, как черёмуха обыкновенная, яблоня ягодная и калина обыкновенная. Примечательно, что произрастание калины обыкновенной зафиксировано нами только на ПП 10К, причем её встречаемость мала и составляет лишь 7 %. Что касается общей встречаемости, то на ПП, пройденных рубками обновления, она составляет 60–100 %, а на кон-

трольной ПП 10К – 93 %. То есть большинство ПП характеризуются равномерным размещением подлеска.

Не менее важным показателем состояния подлеска являются его густота и жизненное состояние. Густота подлеска на ПП, пройденных рубками обновления, варьирует от 534 до 2450 экз./га при 1333 экз./га на контроле (ПП 10К). Наибольшая густота подлеска отмечена нами на ПП 4 – 2450 экз./га, причем представлен он в основном рябиной обыкновенной и все ее экземпляры отнесены к категории поврежденные и сухие (рис. 5.32).



*Рис. 5.32. Поврежденные экземпляры рябины обыкновенной на ПП 4*

Отметим, что в настоящее время это насаждение представляет собой сосняк 40-летнего возраста. Возможно, подлесок из рябины обыкновенной был поврежден при проведении второго приема рубки обновления при уборке первого яруса в 2005 г. Кроме всего прочего, этот участок активно подвергается рекреационной нагрузке и даже выпасу скота.

Невысокая доля здоровых экземпляров рябины обыкновенной зафиксирована в насаждении на ПП 3 – 55 %. Отметим, что этот участок также был подвергнут двухприемным рубкам с уборкой первого яруса в 2004 г.



В насаждениях на ПП 1, 5, 7 все экземпляры подлеска отнесены к категории здоровых. С момента проведения рубок в этих насаждениях прошло уже более 15 лет.

Анализируя состояние подлеска на контрольной ПП 10К, отметим, что доля его здоровых экземпляров составляет 81 %. Поврежденные и сухие экземпляры представлены кизильником черноплодным. Экземпляры рябины обыкновенной, калины обыкновенной и яблони ягодной отнесены к категории здоровых. На контрольной пробной площади ПП 10К средняя высота рябины обыкновенной выше, чем на ПП, пройденных рубками обновления.

Материалы табл. 5.20, характеризующие состояние подлеска на ПП, заложенных на территории Карабашского участкового лесничества, свидетельствуют о следующем. Подлесок присутствует на всех ПП, характеризуется широким видовым разнообразием и представлен 10 видами деревьев и кустарников: ива козья (*Salix caprea* L.), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt.), ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* Fisch. ex Woloszez), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* L.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), смородина черная (*Ribes nigrum* L.), шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.) и черёмуха обыкновенная (*Prunus padus* Mill.).

В отличие от ПП, расположенных на территории Кыштымского участкового лесничества, в подлеске имеются малина обыкновенная, шиповник иголистный, ива козья, липа мелколистная, а на ПП 11 – даже смородина черная, показатель встречаемости которой составляет 7 %. На пробной площади ПП 11 доминирующая роль в составе подлеска принадлежит малине обыкновенной. Густота малины обыкновенной, произрастающей в подлеске на шести ПП, варьирует от 33 до 2183 экз./га (рис. 5.33).

Следует отметить наличие рябины обыкновенной на всех пробных площадях, кроме ПП 11, 14, 19. Широким видовым разнообразием подлесок характеризуется на ПП 18 – 6 видов, однако их общая густота и встречаемость невысоки. На рис. 5.34 представлен кизильник черноплодный, произрастающий на ПП 18.

Общая густота подлеска на ПП, заложенных в насаждениях, пройденных рубками обновления, составляет от 100 до 2266 экз./га, тогда как на контрольной ПП 10К общая густота равна 350 экз./га.



*Рис. 5.33. Произрастание и обильное плодоношение малины на ПП 21*



*Рис. 5.34. Кизильник черноплодный на ПП 18*

Жизненное состояние подлеска в насаждениях также весьма различно. Подлесок контрольной ПП 22К характеризуется как здоровый, аналогичное жизненное состояние подлеска наблюдается в насаждениях на ПП 13, 14, 15, 16, 18 и 21. Иными словами, на большинстве ПП в подлеске отсутствуют сухие и поврежденные экземпляры.

Что касается общей встречаемости подлеска, то она варьирует на ПП от 20 до 93 %. Ни одна ПП не обладает 100 %-ными показателями встречаемости подлеска, т. е. размещается он в насаждении, как правило, группами и куртинами. Влияния проведения рубок обновления на среднюю высоту подлеска не обнаружено.

Отметим, что лесные насаждения, в которых проводились наши исследования, являются рекреационными. В них осуществляется сбор дикорастущих ягод, лекарственного сырья, грибов и т.д. Такие леса должны радовать неповторимой красотой и располагать к приятному активному отдыху. Произрастание в рекреационных лесах под пологом древостоев подлесочных видов с высокими декоративно-эстетическими качествами, а также медоносных и плодовых играет, безусловно, положительную роль.

Как уже отмечалось, лесные дикие плоды и ягоды являются очень полезными для здоровья и жизнедеятельности человека. Они содержат сахар, кислоты, глюкозу, различные витамины. В табл. 5.21 представлены полезные свойства ягод и плодов, произрастающих в исследуемых насаждениях по данным Л.В. Пастушенкова (1990).

*Таблица 5.21*

Основные полезные свойства ягод и плодов,  
произрастающих в исследуемых насаждениях

Вид	Основные полезные свойства плодов и ягод
Калина обыкновенная ( <i>Viburnum opulus</i> L.)	Ягоды употребляют в свежем виде. Их них готовят кисели, компоты, желе и мармелад. Используют в качестве начинки для пирогов, консервируют в сахаре и замораживают. Из сушеных ягод делают суррогат кофе, который способен регулировать процесс пищеварения. Сок служит для подкраски некоторых пищевых продуктов. Плоды богаты пектином, органическими кислотами, дубильными веществами, каротином и витаминами С и Р. Витамина С в ягодах калины содержится больше, чем в citrusовых
Малина обыкновенная ( <i>Rubus idaeus</i> L.)	Используют в диетическом и детском питании. Лекарственным сырьем служат плоды, листья, иногда корни. Из плодов готовят варенье, компоты, мармелад и другие кондитерские изделия. Ягоды содержат сахара, органические кислоты (яблочную, лимонную, аскорбиновую, капроновую, салициловую и др.), витамины группы В, эфирное масло, бета-ситостерин, пектины, дубильные и красящие вещества, каротин, соли меди, железа и калия, катехины, флавоноиды и антоцианы. В семенах имеются жирные кислоты, а в листьях — витамины С, Е, каротин, фенолкарбоновые кислоты, катехины и флавоноиды



Вид	Основные полезные свойства плодов и ягод
Рябина обыкновенная ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Плоды содержат сахарозу, глюкозу, фруктозу, сорбит, манит, органические кислоты (яблочную, лимонную, винную, сорбиновую), витамины С, Р, В <sub>1</sub> , Е, каротиноиды, катехины, гетероциклические кислотосодержащие соединения и фосфолипиды (кефалин, лецитин)
Смородина чёрная ( <i>Ribes nigrum</i> L.)	Плоды содержат витамины С, Р, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , каротин, сахара, дубильные вещества, эфирное масло, пигменты, флавоноиды, соли калия, кальция, магния, железа, марганца, фосфора и натрия. В период листопада витамина С в листьях содержится столько же, сколько и в плодах
Черёмуха обыкновенная ( <i>Prunus padus</i> Mill.)	Плоды содержат углеводы (фруктозу, глюкозу, сахарозу), органические кислоты (яблочную и лимонную), витамин С, каротин, цианогенные соединения, фенолкарбоновые кислоты и их производные, эфирное масло, азотсодержащие вещества, витамины С, Е и Р, каротин, флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты (кофейную, синаповую, феруловую и кумаровую)
Шиповник игольчатый ( <i>Rosa acicularis</i> Lindl.)	Плоды содержат сахара, органические кислоты, витамины С, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , Р, РР и К, каротин, дубильные вещества, флавоноиды, соли железа, марганца, фосфора, магния, кальция и др. Доброкачественные плоды имеют различную форму и величину. По содержанию витамина С они превосходят почти все растительные продукты. Количество аскорбиновой кислоты зависит от степени зрелости, места произрастания, качества сушки и способа хранения. В семенах найден витамин Е
Яблоня ягодная ( <i>Malus baccata</i> L.)	Свежие яблоки содержат безазотистые экстрактивные вещества, белок, катехины, кислоты (лимонную, яблочную, винную, хлорогеновую, салициловую, аскорбиновую и борную), каротин и витамины С, В <sub>1</sub> и В <sub>2</sub> , пектиновые вещества, клетчатку, сахара и микроэлементы (железо, фосфор, калий, медь, марганец, цинк), а также эфирное и жирное масла, амигдалин, флавоноиды и фитонциды

В результате проведенных нами исследований выявлено, что в насаждениях, произрастающих на территории Кыштымского участкового лесничества, на ПП присутствуют следующие виды плодового подлеска: рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), шиповник игольчатый (*Rosa acicularis* Lindl.), черёмуха обыкновенная (*Prunus padus* Mill.) и яблоня ягодная (*Malus baccata* L.). Причем черёмуха обыкновенная произрастает только на ПП 9 (насаждение с полнотой древостоя 0,4, пройденное двухприёмной рубкой обновления), а шиповник игольчатый – на ПП 2 (насаждение с полнотой древостоя 0,9, пройденное одним приёмом рубок обновления).

На контрольной пробной площади ПП 10К в подлеске присутствуют рябина обыкновенная, калина обыкновенная и яблоня ягодная. Как отмечалось, произрастание калины обыкновенной зафиксировано нами только на ПП 10К и её встречаемость составляет лишь 7 %.

На ПП, заложенных на территории Карабашского участкового лесничества, к плодово-ягодниковым видам подлеска относятся: калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), шиповник игольчатый (*Rosa acicularis* Lindl.), черёмуха обыкновенная (*Prunus padus* Mill.). Смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.) зафиксирована только на ПП 11, заложенной в насаждении с полнотой древостоя 0,7, пройденном одним приемом рубки обновления в 2008 г.

В целом плодово-ягодниковые виды подлеска присутствуют на всех пробных площадях, за исключением ПП 14, где рубка проводилась в 2007 г., а полнота древостоя составляет 0,6. На контрольной ПП 22К произрастают рябина обыкновенная с густотой 133 экз./га и встречаемостью 20 %, черёмуха обыкновенная с густотой 17 экз./га и встречаемостью 7 %.

Произрастание медоносных подлесочных видов также является ещё одним несомненно положительным фактором в рекреационных лесах. Пчеловодство – важное направление в лесопользовании, основной продукт его – цветочный мёд. Пчеловодство получает развитие там, где имеется соответствующая база. Медоносами являются деревья, кустарники, травы. Медопродуктивность следующих медоносов составляет: липы – 500–1000; ивы – 150; шиповника – 75; смородины – 15 кг/га. Приведенные данные свидетельствуют, что наиболее медопродуктивна липа мелколистная. Каждый медонос формирует специфичный по составу, качеству и вкусу мед. Липовый мед обладает наиболее целебными свойствами (Луганский и др., 2010).

В исследуемых сосняках нами зафиксированы следующие медоносные подлесочные виды: ива козья (*Salix caprea* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), шиповник игольчатый (*Rosa acicularis* Lindl.), смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.). Показатели их густоты и встречаемости на ПП различны. Так, например, на ПП 16, 17 и 18 в подлеске присутствует липа мелколистная с встречаемостью 7–20 %.

Таким образом, на ПП, заложенных на территории Кыштымского участкового лесничества, в подлеске присутствует яблоня ягодная, а на ПП Карабашского участкового лесничества ее нет. Здесь произрастают такие виды, как липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.) и смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.).

Отметим, что ПП, заложенные на территории Карабашского участкового лесничества, находятся в зоне слабого аэротехногенного

загрязнения. Поэтому, несмотря на высокую представленность в живом напочвенном покрове и подлеске растений, имеющих пищевое, лекарственное, медоносное значение, допустимость использования плодов, лекарственного сырья и продуктов пчеловодства в пищу подвергается сомнению. Необходимо проведение исследований химического состава растительного сырья на предмет возможности использования его в пищу.

#### **5.4. Влияние рубок обновления на показатели лесной подстилки**

Лесная подстилка – один из важнейших компонентов насаждения, который в значительной степени регулирует водно-воздушный и тепловой режимы почвы, является местом накопления необходимых растениям элементов питания. Лесная подстилка формируется за счет лесного опада, а количество опада зависит от многих факторов. В разложении лесного опада принимают участие различные группы организмов – почвенная мезофауна, бактерии, грибы и т.д., т. е. преобразование опада в подстилку происходит за счет жизнедеятельности комплекса микроорганизмов. Количество и состав лесной подстилки постоянно меняются в процессе поступления свежего опада и разложения его под влиянием макро- и микроклиматических условий, микробиологических и физико-химических процессов (Сапожников, 1980).

Лесная подстилка имеет важнейшее лесоводственное значение в насаждениях. Она является основным источником органики, азота и зольных элементов для почвы и выполняет водоохранно-защитную роль: регулирует температурный режим почвы; защищает ее от заиливания, способствуя сохранению водно-физических свойств и инфильтрационной способности; препятствует поверхностному стоку воды, предотвращая эрозию почв, что особенно важно на горных склонах; аккумулирует значительное количество воды, выпадающей в виде осадков, благодаря высокой влагоемкости; выполняет роль мульчи, снижая испарение с поверхности почвы. В лесной подстилке обитают многие представители живых организмов и микрофлоры. В отношении подроста подстилка то препятствует его накоплению и росту, где она мощная, то, наоборот, способствует, выполняя защитную роль на стадии прорастания семян и роста всходов.

Наличие лесной подстилки характерно для лесов умеренных природных широт, в частности она формируется в лесах Урала. Ее мощность в подзонах средней и южной тайги не превышает 10 см. В северной подзоне тайги мощность лесной подстилки может достигать 30 см. В лесостепной зоне лесная подстилка имеет меньшее развитие, поскольку в этих условиях она быстрее разлагается. В тропических лесах по причине быстрого разложения лесная подстилка не формируется.

Формирование лесной подстилки и ее запасы зависят от количества опада и скорости разложения подстилки. Естественно, чем быстрее разлагается подстилка, тем ее запасы меньше. В подстилке сосредоточено большое количество азота и зольных элементов, что можно видеть на примере Среднего Урала. Согласно данным Р.П. Исаевой (1981), запасы лесной подстилки в сосняках и ельниках различного возраста и в различных почвенно-гидрологических условиях в абсолютно сухом состоянии варьируют от 23 до 63 т/га. Если принять, что азот в этой массе составляет 2 %, то его общее количество достигнет 460–1260 кг/га, а зольные элементы из расчета 3 % – 690–1890 кг/га. Сравнив годовое потребление насаждениями, например 50 кг/га азота и 120 кг/га зольных элементов, видим, что запасы их в подстилке перекрывают годовую потребность соответственно в 9–25 и 5–15 раз (Луганский и др., 2010).

В наибольшей мере всходы появляются на обнаженной почве. Здесь создаются лучшие условия для их роста и формирования самосева и подроста. Лесная подстилка, если она небольшая по мощности, или отрицательно не влияет на возобновление, или даже способствует ему. Семена древесных пород, попав на маломощную рыхлую подстилку и воспользовавшись влагой, прорастают, и всходы достигают минерального слоя почвы. Если подстилка мощная, она препятствует проникновению корней всходов к минеральной части почвы, а при высыхании лесной подстилки всходы гибнут. Такое явление часто наблюдается на Урале в поздневесеннее и раннелетнее время. Возобновление на подстилке типа мулль протекает успешнее, чем на подстилках типа модер и особенно мор. Оптимальная мощность подстилки, по данным ряда авторов (Воронова и др., 1966; Луганская, Луганский, 1978; Телегин, 1979), – до 5 см. Исследования на Урале (Луганская, Луганский, 1978) показали, что связь между количеством самосева и подроста и толщиной подстилки в сосняках отрицательная – 0,63–0,68, т. е. чем мощнее подстилка, тем хуже идет процесс возобновления. Особенно это касается всходов. Отрицательная также связь



(0,55–0,61) с кислотностью почв и с долями травы, мха и неразложившихся листьев в лесной подстилке (0,36–0,57). Положительная связь наблюдается между количеством самосева и подроста и содержанием азота в подстилке (0,79), а также объемным весом (0,61–0,66) и долей неразложившихся хвои, шишек, сучьев, коры в лесной подстилке (0,62–0,66).

Лесной опад также оказывает влияние на ход естественного семенного возобновления под пологом насаждений. Это проявляется как в механическом, так и в биохимическом воздействии. Плотный чистый слой листьев осины, дуба, иногда березы, хвои лиственницы и ели создает механическое препятствие, исключая появление и рост всходов древесных пород, или ломает уже появившиеся всходы. Путем биохимического воздействия различный опад проявляет себя по-разному. Работы В.Д. Луганской (1978) по изучению влияния различного опада (в виде водных экстрактов) на проращивание семян и рост всходов до 2 лет сосны показали, что отрицательное воздействие оказывают листья осины, хвоя ели, вейник лесной и брусника. Полезные проявления имеют листья березы, а также черника и папоротник-орляк.

Основные свойства лесной подстилки – мощность и запас – быстро изменяются при любом нарушении лесорастительных условий. Лесная подстилка оперативно реагирует на естественную, стихийную или антропогенную смену ситуации в биогеоценозе (Соловьев, 2010).

Исследования по изучению влияния рубок обновления на запас и мощность лесной подстилки проведены на 11 ПП, в том числе двух контрольных ПП, где рубки обновления не проводились.

Лесная подстилка сортировалась по фракциям: листья, кора, остатки ЖНП, труха, хвоя, шишки и ветви.

В табл. 5.22 и 5.23 приведены средние показатели мощности, плотности, а также фракционного состава и степени разложения лесной подстилки.

Материалы табл. 5.22 свидетельствуют, что мощность лесной подстилки на ПП, пройденных рубками обновления, различна и варьирует от 3,0 до 6,5 см, тогда как мощность лесной подстилки на контрольной ПП 10К равна 5,6 см. При этом ПП 1 характеризуется максимальным значением этого показателя. Этот факт можно обосновать тем, что пробная площадь ПП 1 заложена в высокополнотном насаждении (полнота 0,9), где рубка обновления проводилась 22 года назад.

То есть при высокой полноте древостоя наблюдается и большая мощность лесной подстилки.

Таблица 5.22

Характеристика состояния лесной подстилки на ПП, заложённых в сосняках Кыштымского участкового лесничества

Показатель	Номер ПП					
	1	3	5	6	9	10К
Мощность, см	6,46±0,32	4,10±0,21	3,28±0,15	3,0±0,20	3,92±0,25	5,62±0,51
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	99,54	100,55	112,98	118,44	121,04	81,89
Запас, кг/м <sup>2</sup> %	<u>6,43±1,07</u> 100,0	<u>4,12±0,57</u> 100,0	<u>3,71±0,71</u> 100,0	<u>3,55±0,69</u> 100,0	<u>4,74±0,57</u> 100,0	<u>4,60±0,64</u> 100,0
в т. ч. по фракциям:						
Хвоя	<u>0,56±0,04</u> 8,7	<u>1,04±0,16</u> 25,1	<u>0,33±0,07</u> 9,1	<u>0,68±0,07</u> 19,0	<u>0,16±0,04</u> 3,4	<u>0,59±0,12</u> 12,8
Листья	<u>0,01±0,01</u> 0,2	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,06±0,01</u> 1,2	<u>0,0</u> 0,0
Шишки	<u>0,42±0,10</u> 6,6	<u>0,64±0,14</u> 15,6	<u>0,46±0,17</u> 12,5	<u>0,43±0,08</u> 12,0	<u>1,50±0,16</u> 31,6	<u>1,22±0,19</u> 26,4
Остатки ЖНП	<u>1,23±0,54</u> 19,1	<u>0,12±0,03</u> 2,9	<u>0,69±0,14</u> 18,7	<u>0,13±0,05</u> 3,8	<u>0,15±0,04</u> 3,1	<u>0,05±0,02</u> 1,1
Труха	<u>3,81±0,33</u> 59,2	<u>2,17±0,21</u> 52,7	<u>2,01±0,27</u> 54,3	<u>2,04±0,45</u> 57,3	<u>2,55±0,22</u> 53,8	<u>2,35±0,25</u> 51,1
Кора	<u>0,24±0,03</u> 3,7	<u>0,12±0,03</u> 2,9	<u>0,09±0,03</u> 2,5	<u>0,16±0,01</u> 4,5	<u>0,04±0,01</u> 0,9	<u>0,20±0,02</u> 4,3
Ветви	<u>0,17±0,03</u> 2,6	<u>0,03±0,01</u> 0,7	<u>0,10±0,04</u> 2,8	<u>0,12±0,02</u> 3,4	<u>0,28±0,01</u> 6,0	<u>0,20±0,04</u> 4,4
Неразложившаяся фракция A <sub>0</sub> <sup>I</sup> , %	40,8	47,3	45,7	42,7	46,2	48,9
Сильно-разложившаяся фракция A <sub>0</sub> <sup>II</sup> , %	59,2	52,7	54,3	57,3	53,8	51,1
Коэффициент разложения K = A <sub>0</sub> <sup>I</sup> / A <sub>0</sub> <sup>II</sup>	0,69	0,90	0,84	0,75	0,86	0,96

Расчетные значения критерия Стьюдента подтверждают статистически значимые различия между средними показателями мощности лесной подстилки на ПП 3, 5, 6, 9 и таковыми на контрольной ПП 10К, которые равны соответственно 2,72; 4,34; 4,73 и 2,98; и отсут-

ствие различий между рассматриваемыми показателями на ПП 1 и ПП 10К ( $t_{\text{выч}} = 1,50$ ).

Значение табличного критерия Стьюдента для изучаемого показателя сравниваемых ПП составляет  $t_{0,05} = 2,05$  (на доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 28$ ).

Как отмечалось ранее, оптимальной лесной подстилкой является подстилка мощностью до 5 см. То есть ею обладают насаждения всех ПП, пройденных рубками обновления, за исключением ПП 1. Это высокополнотное насаждение, по нашему мнению, нуждается в проведении рубки обновления умеренной интенсивности (21–30 %) с уборкой перестойных деревьев. Мощность лесной подстилки в насаждении контрольной ПП 10К также превышает оптимальное значение показателя, что, вероятно, оказывает влияние на появление всходов.

Так же как и в отношении мощности лесной подстилки, максимальным показателем ее запаса характеризуется ПП 1. Однако проведение статистического анализа и вычисление критериев Стьюдента показали отсутствие достоверных различий при сравнении средних показателей запаса лесной подстилки на всех ПП, пройденных рубками обновления, с таковыми на контрольной ПП. Расчетные значения сравнения показателей ПП 1, 3, 5, 6 и 9 с аналогичными контрольной ПП 10К равны соответственно 1,46; 0,55; 0,93; 1,12 и 0,16. При этом табличный критерий Стьюдента  $t_{0,05}$  на доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 28$  равен 2,05.

Помимо общего запаса лесной подстилки в абсолютно сухом состоянии, нами были проведены исследования по выявлению его фракционного состава, поскольку известно, что состав опада и лесной подстилки также оказывает существенное влияние на процессы естественного возобновления. Так, например, листья деревьев березы, ольхи, рябины способны к скручиванию, образуя рыхлую подстилку, создают благоприятные условия для появления всходов, тогда как плотная корка из отмерших мхов препятствует прорастанию семян и развитию всходов.

Отметим, что наибольшую долю в запасе лесной подстилки на ПП имеет фракция «труха», при том что ее доля варьирует от 51,1 (ПП 10К) до 59,2 % (ПП 1).

На контрольной ПП 10К масса остатков живого напочвенного покрова меньше, чем на ПП, пройденных рубками обновления. Вероятнее всего, это обстоятельство объясняется различием в видовом составе ЖНП. Изреживание древостоя увеличивает освещенность под

пологом и способствует развитию ЖНП, который после отмирания очень быстро разлагается, формируя фракцию «труха».

Из-за практически полного отсутствия в составе древостоя лиственных пород участие фракции «листья» в составе опада и лесной подстилки очень мало или полностью отсутствует. Велика доля фракции «хвоя» в лесной подстилке насаждений ПП 3 (25,1 %) и ПП 6 (19,0 %). Это обстоятельство объясняется тем, что древостои исследуемых насаждений находятся в стадиях онтогенеза «жердняк» (40 лет ПП 3) и «возмужалость» (50 лет ПП 6), характеризующихся быстрым ростом, усиленной дифференциацией деревьев и активным отпадом.

Небольшим участием в запасе лесной подстилки характеризуются фракции «кора» и «ветви». Относительные их показатели на всех ПП не превышают 6 %.

Доля шишек в составе опада и лесной подстилке колеблется от 6,6 до 31,6 %, при том что на контрольной ПП 10К доля их составляет 26,4 %. Немалая доля шишек в составе лесной подстилки указывает и на то, что процесс семяношения в данном насаждении идёт достаточно успешно, однако в дальнейшем, на этапах роста самосева и подроста, всходы испытывают конкуренцию за свет, влагу, элементы питания со стороны других компонентов лесного насаждения, что сказывается на их количестве и состоянии.

Показатель плотности лесной подстилки является расчетным и определен нами через показатели мощности и запаса. Материалы табл. 5.22 свидетельствуют, что только по показателям мощности и запаса подстилки нельзя судить о её состоянии. Так, например, насаждения ПП 5 и ПП 6, отличающиеся минимальными значениями этих показателей, характеризуются плотностью 112,98 и 118,44 кг/м<sup>3</sup>, тогда как ПП 10К – 81,89, а максимальное значение этого показателя отмечено на ПП 9 – 121,04 кг/м<sup>3</sup>.

Общеизвестно, что в лесной подстилке подгоризонты  $A_0^I$ ,  $A_0^{II}$  и  $A_0^{III}$  выделяются по степени разложения. Под сосняками формируются подстилки, которые очень сложно делятся на подгоризонты. Поэтому при разборе образцов нами учтены грубые фракции, как составляющие неразложившийся подгоризонт  $A_0^I$ , и мелкие – сильно-разложившийся  $A_0^{II}$ . Соотношение  $A_0^I$  и  $A_0^{II}$  составило коэффициент разложения подстилки. Чем ниже этот коэффициент, тем интенсивнее протекает синтез органического вещества. Материалы табл. 5.22 свидетельствуют, что значение этого показателя на 6,7–39,1 % выше в насаждениях, пройденных рубками обновления, по сравнению с таковым на контрольной ПП 10К. При этом, несмотря на максимальный

запас лесной подстилки на ПП 1, она характеризуется и максимальной скоростью её разложения.

Из 11 ПП, на которых проводились исследования по влиянию проведения рубок обновления на состояние лесной подстилки, 5 расположено на территории Карабашского участкового лесничества. Качественная и количественная характеристики лесной подстилки на ПП приведены в табл. 5.23.

Материалы табл. 5.23 свидетельствуют, что мощность лесной подстилки на ПП существенно не различается и находится в пределах 5,9–7,4 см, чего нельзя отметить относительно показателей запаса и плотности.

Таблица 5.23

Характеристика состояния лесной подстилки на ПП, заложённых в сосняках Карабашского участкового лесничества

Показатель	Номер ПП				
	15	19	20	21	22К
Мощность, см	7,43±0,46	5,99±0,49	7,34±0,23	5,90±0,48	6,90±0,21
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	86,63	118,80	70,32	50,36	143,39
Запас, кг/м <sup>2</sup> %	<u>6,44±0,89</u> 100,0	<u>7,11±0,90</u> 100,0	<u>5,16±0,71</u> 100,0	<u>2,97±0,29</u> 100,0	<u>9,89±1,04</u> 100,0
в т. ч. по фракциям:					
Хвоя	<u>0,20±0,03</u> 3,2	<u>0,28±0,04</u> 3,9	<u>0,20±0,04</u> 3,8	<u>0,08±0,01</u> 2,7	<u>0,57±0,13</u> 5,7
Листья	<u>0,09±0,01</u> 1,4	<u>0,20±0,03</u> 2,8	<u>0,14±0,01</u> 2,6	<u>0,05±0,02</u> 1,5	<u>0,11±0,02</u> 1,1
Шишки	<u>0,53±0,11</u> 8,2	<u>0,31±0,09</u> 4,4	<u>0,47±0,14</u> 9,0	<u>0,06±0,01</u> 2,1	<u>2,25±0,42</u> 22,7
Остатки ЖНП	<u>0,19±0,05</u> 2,9	<u>0,05±0,02</u> 0,6	<u>0,36±0,14</u> 7,0	<u>0,21±0,10</u> 7,0	<u>0,04±0,01</u> 0,4
Труха	<u>4,13±0,26</u> 64,1	<u>5,78±0,56</u> 81,3	<u>3,67±0,27</u> 71,1	<u>2,38±0,12</u> 79,9	<u>6,04±0,32</u> 61,0
Кора	<u>0,19±0,06</u> 2,9	<u>0,04±0,01</u> 0,5	<u>0,12±0,03</u> 2,3	<u>0,07±0,02</u> 2,3	<u>0,37±0,05</u> 3,7
Ветви	<u>1,11±0,36</u> 17,3	<u>0,45±0,15</u> 6,4	<u>0,21±0,06</u> 4,1	<u>0,13±0,03</u> 4,4	<u>0,54±0,10</u> 5,4
Неразложившаяся фракция $A_0^I$ , %	64,1	81,3	71,1	79,9	61,0
Сильноразложившаяся фракция $A_0^{II}$ , %	35,9	18,7	28,9	20,1	39,0
Коэффициент разложения $K = A_0^I / A_0^{II}$	0,56	0,23	0,41	0,25	0,64

Расчетные значения критерия Стьюдента подтверждают достоверность отсутствия значимых различий между средними показателями мощности лесной подстилки на ПП 15, 19, 20 и 21 и на контрольной ПП 22К, которые равны соответственно 0,98; 1,70; 1,29 и 1,92. Значение табличного критерия Стьюдента для изучаемого показателя сравниваемых ПП составляет  $t_{0,05} = 2,05$  (на доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 15 + 15 - 2 = 28$ ).

Полученные данные показывают, что максимальным значением плотности характеризуется контрольная ПП 22К. Плотность лесной подстилки ПП 22К превышает аналогичный показатель на ПП, пройденных рубками обновления, в 1,2–2,9 раза. Возможно, этот факт является причиной низкого количества всходов на этой ПП (0,1 тыс. шт./га).

Наименьшим запасом лесной подстилки (2,97 кг/м<sup>2</sup>) обладает насаждение ПП 21. При этом на данной пробной площади зафиксировано нами максимальное количество всходов – 17,2 тыс. шт./га (рис. 5.35). Этот факт еще раз подчеркивает, что лесная подстилка имеет важное значение для накопления подроста, поскольку в ней укореняются всходы.



Рис. 5.35. Лесная подстилка небольшой мощности и запаса на ПП 21 не препятствует появлению всходов

Рассчитанный критерий Стьюдента подтверждает достоверность различий показателей запаса лесной подстилки в сосняках ПП 15, 20

и 21 и ПП 22К, о чем свидетельствуют вычисленные значения: 2,52; 3,78 и 6,41 соответственно. На доверительном уровне 95 % при числе степеней свободы  $\nu = 15 + 15 - 2 = 28$   $t_{0,05} = 2,05$ , что превышает расчетные значения. А насаждение ПП 19 по данному показателю достоверно не отличается от ПП 22К, так как вычисленный критерий Стьюдента  $t_{\text{выч}} = 2,03$  меньше табличного  $t_{0,05} = 2,05$ .

Что касается фракционного состава лесной подстилки, то тут прослеживаются следующие закономерности. Как и на ПП, заложенных в Кыштымском участковом лесничестве, доля фракции «труха» ниже на ПП в насаждениях, пройденных рубками обновления, чем на контрольной ПП. Поскольку эта фракция представляет собой наиболее разложившуюся часть лесной подстилки, то можно утверждать, что процесс разложения лесной подстилки идёт быстрее в насаждениях с изреженным древостоем, т. е. пройденных рубками обновления. Об этом же свидетельствует вычисленный коэффициент разложения, который на 14,3–178,3 % выше в изреженных сосняках по отношению к таковому в высокополнотном (ПП 22К). Следует отметить, что коэффициенты разложения лесной подстилки в условиях Карабашского лесничества ниже, чем в условиях Кыштымского, в том числе и в сравнении контрольных ПП 10К и ПП 22К между собой. Объяснением этому, на наш взгляд, может служить наличие лиственных и темнохвойных пород в составе древостоя и подроста, что, несомненно, сказывается на составе и структуре опада и скорости его разложения.

Полученные данные свидетельствуют также, что остатки ЖНП имеют большее участие в сложении лесной подстилки на ПП, пройденных рубками обновления. Развитие ЖНП после изреживания древостоя, вероятно, является причиной этому.

Участие сучьев и ветвей в опаде на ПП, пройденных рубкой обновления, изменилось незначительно, за исключением ПП 15.

Масса хвои в общем запасе опада и лесной подстилки на контрольной ПП 22К в несколько раз превышает таковую на остальных ПП. На это, по-видимому, оказывает влияние высокая полнота древостоя на ПП.

Большое участие шишек в общем запасе лесной подстилки на ПП 22К (22,7 %) объясняется высокой густотой спелого и перестойного древостоя.

Анализ проведенных исследований показывает, что рубки обновления оказывают существенное влияние на микроклиматические условия под пологом древостоя. Последнее, как было отмечено ранее, сказывается на состоянии подроста, подлеска и живого напочвенного



покрова. У оставленных на доращивание деревьев происходит значительная перестройка ассимиляционного аппарата, что отражается на фракционной структуре опада. В конечном итоге рубки обновления оказывают влияние на мощность, плотность и фракционный состав лесной подстилки, а также скорость ее разложения. Для установления зависимости влияния лесной подстилки на густоту подроста различных категорий крупности нами проведен корреляционный анализ. Так, достоверной зависимости между запасом лесной подстилки и густотой подроста всех категорий высот не установлено. Однако выявлена связь между показателями мощности подстилки и густотой подроста высотой 0,6–1,5 м. При этом коэффициент корреляции составил -0,57, что указывает на наличие обратной значительной связи. Иными словами, с уменьшением мощности лесной подстилки на ПП наблюдается увеличение густоты подроста средней категории крупности. Сравнение критериев Стьюдента подтверждает наличие корреляционной связи между изучаемыми признаками на доверительном уровне 95 % ( $t_{\text{выч}} = 2,85$ ,  $t_{\text{табл}} = 2,23$  при числе степеней свободы  $\nu = 10$ ).

## Выводы

1. Район проведения исследований имеет большое количество рекреационных объектов. С целью омоложения насаждений, усиления и сохранения их защитных функций с 1991 по 2011 гг. здесь проводились опытно-производственные рубки обновления.

2. Проведение рубок обновления в условиях сосняков ягодниково-зеленомошной группы типов леса в Южно-Уральском лесостепном районе целесообразно выполнять в два приема с периодами между ними 5–7 лет. Основанием для второго, завершающего, приема рубок обновления является наличие равномерно размещенного подроста сосны в количестве не менее 4 тыс. шт./ га в пересчете на крупный.

3. Рубки обновления целесообразно проводить небольшими лесосеками (до 5 га) в зимний период (при промерзшем грунте). При наличии дорог, разрывов и других не покрытых лесом участков в рекреационных сосняках желательна безопасная технология.

4. При первом приеме в рубку назначаются деревья березы и ели, а также наиболее старые деревья сосны. При этом полнота древостоя снижается в зависимости от исходной полноты до 0,4–0,5.

5. Состояние естественного возобновления в насаждениях после проведения первого приёма рубок обновления на большинстве ПП

можно охарактеризовать как хорошее. В районе исследования подрост составляют следующие породы: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), лиственница Сукачева (*Larix Sukaczewii* Dyl.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.) и ольха серая (*Alnus incana* L.).

6. При повышении интенсивности изреживания увеличиваются густота и жизнеспособность подроста. Из общего количества подроста на долю жизнеспособного на пробных площадях, пройденных рубками обновления, приходится от 22,5 до 99,4 %, на контрольных пробных площадях – 6,3–18,8 %.

7. На 95 %-ном доверительном уровне статистически доказано, что проведение рубок обновления обеспечивает увеличение прироста центрального побега подроста сосны: в условиях Кыштымского участкового лесничества – в 1,6–2,7 раза (фоновая зона), Карабашского (зона слабого поражения промышленными поллютантами) – 3,8–8,3 раза.

8. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова под пологом рекреационных сосняков представлено 69 видами, которые относятся к 28 семействам. Проведение рубок обновления значительно влияет на видовой состав ЖНП, при этом с увеличением давности рубки происходит и увеличение индекса общности видового разнообразия.

9. В насаждениях, пройденных рубками обновления различной интенсивности в условиях Кыштымского участкового лесничества, увеличивается доля фитомассы растений, имеющих лекарственное, медоносное, пищевое и кормовое значение, что немаловажно для рекреационных лесов. В условиях Карабашского участкового лесничества эта закономерность проявляется лишь в отношении кормовых видов.

10. В условиях обоих участковых лесничеств проведение рубок обновления приводит к увеличению доли фитомассы ягодниковых видов ЖНП: черники, брусники, земляники лесной и др.

11. Общим для всех ПП является доминирование в общем запасе лесной подстилки фракции «труха». При этом доленое участие этой фракции в насаждениях, пройденных рубками обновления, выше, чем на контрольных ПП.

12. Коэффициент разложения лесной подстилки, указывающий на скорость переноса питательных веществ в почву, в сосняках, пройденных рубками обновления, в условиях Кыштымского участкового

лесничества увеличивается на 6,7–39,1 %, а в условиях Карабашского – на 14,3–178,3 %. Различие коэффициентов по лесничествам объясняется, на наш взгляд, примесью лиственных и темнохвойных пород в составе древостоя и подроста.

13. Выявлена значительная обратная связь между показателями мощности лесной подстилки и густотой подроста средней категории крупности (коэффициент корреляции  $-0,57$ ). В отношении густоты подроста других категорий крупности нами таких тенденций не обнаружено.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Окрестности г. Карабаша, где расположено предприятие по производству черновой меди, представляют собой уникальный природно-техногенный комплекс. Объем промышленных выбросов, основными компонентами которых являются диоксид серы (около 90 %), оксид углерода, неорганическая пыль, оксид меди, оксид цинка, свинец, мышьяк, диоксид азота, за период с 1907 по 2013 гг. составил 14,5 млн т.

Исследования изменений состояния сосновых и берёзовых лесных насаждений под влиянием промышленных поллютантов позволяют говорить о наличии ряда закономерностей, большинство из которых согласуется с обнаруженными ранее при подобных исследованиях.

Выявлено, что при довольно близких экологических и эдафических условиях аэротехногенное загрязнение выбросами ЗАО «Карабашмедь» является значимым экологическим фактором, оказывающим негативное влияние на развитие сосновых и берёзовых фитоценозов. Под влиянием промышленных поллютантов развитие насаждений сопровождается снижением их биологического разнообразия, продуктивности, упрощением структуры, замедлением круговорота веществ. В частности санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев в зонах сильного и среднего поражения характеризуется как сильно ослабленное, в остальных – ослабленное. Удаление насаждений от источника поллютантов оказывает влияние на естественное возобновление. Так, максимальное количество жизнеспособного подроста в условиях разнотравно-злакового типа леса обнаружено в зоне слабого поражения. Происходит снижение продолжительности жизни хвои: в зоне среднего поражения отсутствует хвоя подроста сосны старше пяти лет. Наблюдается изменение средней длины и поверхности хвои сосны. Трансформация лесных насаждений под влиянием поллютантов проявляется также в обеднении видового разнообразия подлеска, который может служить индикатором состояния насаждений. Ракитник русский и ива козья являются наиболее толерантными кустарниковыми породами. В районе действия медеплавильного завода наблюдается значительная деградация живого напочвенного покрова – обеднение видового состава, снижение надземной фитомассы. Наиболее устойчивыми к аэропромвыбросам ЗАО «Карабашмедь» являются виды семейства

злаковых, хвощ лесной, клевер луговой, брусника, мать-и-мачеха обыкновенная, орляк обыкновенный. В зоне сильного поражения происходит полное выпадение таких компонентов как подрост, подлесок и ЖНП. Наблюдается торможение деструктивных процессов, о чём свидетельствуют увеличение запаса лесной подстилки и снижение показателя биологической активности почв в зонах сильного и среднего поражения.

После сопоставления показателей состояния насаждений на территории исследований в северо-восточном секторе от источника поллютантов выделено четыре зоны поражения: сильного (0–4 км); среднего (4–6 км); слабого (6–13 км); очень слабого (более 13 км). Возможно рассмотрение этих зон как определенных этапов дигрессивных сукцессий.

Главной целью лесохозяйственного производства на всей территории района исследований является сохранение средостабилизирующих функций лесной растительности. Все мероприятия лесоводственного характера могут оказаться результативными только после снижения текущих объёмов аэропромвыбросов и спустя какое-то время, необходимое для самоочищения почв. Убедительным свидетельством природной возобновительной способности среды явилось появление самосева берёзы на Золотой горе, находящейся в зоне сильного загрязнения, а также травянистой растительности в черте г. Карабаша в конце 90-х годов в связи с резким снижением объёмов выбросов медеплавильного завода. Необходимы меры по охране лесов от пожаров. Для повышения устойчивости лесных насаждений необходимо стремиться к формированию сложных смешанных разновозрастных древостоев с наличием подроста, подлеска и живого напочвенного покрова под пологом. В зонах сильного и среднего поражений возможно проведение выборочных санитарных рубок (уборка сухостоя) с целью снижения запасов горючего материала. С учётом ожидаемого снижения объёмов выбросов следует вести лесовосстановительные работы, начиная с зон наименьшего поражения. Внимание следует уделить мероприятиям содействия естественному возобновлению. В зоне сильного поражения возможно создание лесных культур с предварительным завозом почвы. При этом следует предусмотреть древесно-кустарниковый тип смешения с использованием берёзы повислой, ракитника русского и ивы козьей как наиболее устойчивых к аэропромвыбросам ЗАО «Карабашмедь» пород.

Лесные насаждения, произрастающие в зонах слабого и очень слабого поражения промышленными поллютантами, являются рекре-

ационными. Такие насаждения нуждаются в сохранении устойчивости и, следовательно, в своевременном омоложении. Эту задачу могут решать рубки обновления, являющиеся эффективным способом омоложения сосновых насаждений.

В результате наших исследований в рекреационных сосняках Кыштымского лесничества, на территории которого проводились рубки обновления с 1991 по 2011 гг., установлено, что обновление спелых и перестойных сосновых насаждений ягодниково-зеленомошной группы типов леса может быть обеспечено двухприемными рубками обновления, выполненными равномерно-постепенным способом, за счет подроста предварительной и сопутствующей генераций. Проведение рубок обновления указанным способом исключает необходимость искусственного лесовосстановления и обеспечивает формирование рекреационно устойчивых эстетически привлекательных сосновых насаждений. Количество приёмов рубки зависит от полноты исходного древостоя, а повторяемость приёмов – от количественных и качественных показателей подроста. При соблюдении лесоводственных требований к проведению рубок обновления возможно формирование сложных смешанных разновозрастных древостоев с наличием подроста, являющихся наиболее устойчивыми к антропогенным нагрузкам.

Для повышения эффективности рубок в рекреационных сосняках необходимо сократить период между приемами рубки до 5–7 лет, количество приёмов – до двух и обеспечить проведение мероприятий по противопожарному устройству территории.

Состояние естественного возобновления в насаждениях после проведения первого приёма рубок обновления на большинстве ПП можно охарактеризовать как хорошее. В районе исследования подрост составляют следующие породы: сосна обыкновенная, ель сибирская, пихта, лиственница Сукачева, береза повислая, осина и ольха серая. На большинстве ПП наблюдается равномерное размещение жизнеспособного подроста. Изреживание сосновых насаждений путем проведения рубок обновления равномерным способом от умеренно высокой до высокой интенсивности создаёт благоприятные условия для накопления подроста ценных пород, о чем свидетельствуют полученные нами данные его количественных и качественных характеристик.

Отсутствие задернения почвы способствует появлению и накоплению жизнеспособного подроста сосны сопутствующей и последующей генерации. Достоверно доказано, что проведение рубок

обновления влияет на показатели охвоенности побегов соснового подроста в сторону уменьшения, однако снижение полноты насаждения и, как следствие этого, увеличение освещенности создают благоприятные условия для увеличения морфометрических показателей хвои подроста сосны обыкновенной. На 95 %-ном доверительном уровне статистически доказано, что проведение рубок обновления обеспечивает увеличение прироста центрального побега подроста сосны: в условиях Кыштымского участкового лесничества – в 1,6–2,7 раза, Карабашского – 3,8–8,3 раза. Изреживание насаждений приводит к приближению среднего годовичного прироста центрального побега подроста сосны к аналогичным показателям подроста, произрастающего на открытых участках, а в некоторых случаях и превышает его.

Наличие видов ЖНП, занесенных в Красную книгу РФ, произрастающих в насаждениях, пройденных рубками обновления, свидетельствует о том, что такие рубки не ухудшают качества лесной среды, а также требуют внимательного отношения к их проведению. Рубки обновления значительно влияют на видовой состав ЖНП, причем с увеличением давности рубки повышается индекс общности видового разнообразия. При этом почвоулучшающие виды травянистых растений (иван-чай узколистный, копытень европейский, вороний глаз) произрастают только в насаждениях, пройденных рубками обновления интенсивностью 16–40 %. В условиях Кыштымского участкового лесничества (фоновая зона) проведение рубок обновления не приводит к снижению доли фитомассы лесных видов, а, наоборот, увеличивает ее. В насаждениях, пройденных рубками обновления различной интенсивности в условиях Кыштымского участкового лесничества, возрастает доля фитомассы растений, имеющих лекарственное, медоносное, пищевое и кормовое значение, что немаловажно для рекреационных лесов. В условиях Карабашского участкового лесничества (зона слабого поражения) эта закономерность проявляется лишь в отношении кормовых видов. В условиях обоих участковых лесничеств проведение рубок обновления увеличивает долю фитомассы ягодниковых видов ЖНП: черники, брусники, земляники лесной и др. Двухприемные рубки обновления приводят к повышению доли фитомассы медоносных видов ЖНП (до 47,3 %). В исследуемых сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса произрастает 8 видов плодовых и медоносных подлесочных видов, что является положительным фактором для лесов, имеющих рекреационное значение.



Общим для всех ПП является доминирование в общем запасе лесной подстилки фракции «труха». При этом долевое участие этой фракции в насаждениях, пройденных рубками обновления, выше, чем на контрольных ПП. Долевые участия остальных фракций лесной подстилки на контрольных и ПП, пройденных рубками обновления, близки и не имеют существенного различия. Коэффициент разложения лесной подстилки, указывающий на скорость переноса питательных веществ в почву, в сосняках, пройденных рубками обновления, в условиях Кыштымского участкового лесничества увеличивается на 6,7–39,1 %, а в условиях Карабашского – на 14,3–178,3 %. Различие коэффициентов по лесничествам объясняется, на наш взгляд, примесью лиственных и темнохвойных пород в составе древостоя и подроста.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ**

1. В рекреационных сосняках ягодниково-зеленомошной группы типов леса Южно-Уральского лесостепного района количество приемов рубок обновления может быть сокращено до двух с периодом между ними 5–7 лет.

2. Полнота древостоя после проведения первого приема рубок обновления не должна опускаться ниже 0,4. Основанием для проведения завершающего приема рубок обновления является наличие подроста сосны в количестве не менее 4 тыс. шт./га в пересчете на крупный.

3. При отсутствии необходимого количества подроста сосны осуществляется минерализация почвы с подсевом семян лиственницы Сукачева.

4. Площадь лесосек при рубках обновления не должна превышать 5 га, технология проведения беспасечная или широкопасечная. Порубочные остатки собираются в мелкие кучи на участках без подроста и сжигаются в пожаробезопасный период. Возможно также измельчение порубочных остатков до щепы с разбрасыванием последней по площади или утилизацией.

5. Оставление обсеменителей нецелесообразно, поскольку подроста предварительной, сопутствующей генераций достаточно для формирования высокопродуктивных устойчивых насаждений.

6. При проведении первого приема рубок обновления в смешанных насаждениях в рубку назначаются деревья березы, ели, а также перестойные и требующие удаления по состоянию деревья сосны.

7. Молодые экземпляры ели оставляются куртинами, удаленными от дорог, трелевочных волоков и троп, с целью сохранения их рекреационной устойчивости.

8. После смыкания молодняков и отмирания нижних ветвей целесообразно проведение рубок ухода, направленных на уборку потенциального отпада и снижение пожарной опасности. В процессе проведения рубок ухода срезаются нижние сучья у оставленных на доращивание деревьев на высоту до 2,5 м в целях предотвращения перехода низового пожара в верховой.

9. Необходима интенсивная пропаганда среди населения осторожного обращения с огнем с лесу и недопустимости сбора грибов и ягод в зонах загрязнения промышленными поллютантами.

10. При планировании и проведении рубок обновления необходимо учитывать наличие видов ЖНП, занесенных в Красные книги РФ и Челябинской области, и обеспечить их сохранение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Абатуров Ю.Д. Изменение длины хвои в различных типах сосняков в зависимости от характера влагообеспеченности // Физиология и экология древесных пород. Свердловск, 1965. С. 225–230.

Абатуров Ю.Д. Особенности взаимосвязи лесной растительности с почвами в сосново-березовых лесах Южного Урала: автореф. дис ... канд. с.-х. наук / Абатуров Ю.Д. Свердловск, 1962. 18 с.

Абрамова Л.П. Лесоводственная эффективность предварительных культур сосны и лиственницы на Южном Урале: дис ... канд. с.-х. наук: 06.03.03: защищена 21.06.2001: утв. 02.10.2001 / Абрамова Любовь Павловна. Екатеринбург, 2001. 283 с.

Абрамова Л.П. Рубки обновления и перестройки в лесах Урала: моногр. / Л.П. Абрамова, С.В. Залесов, С.Г. Казанцев, Н.А. Луганский, А.Г. Магасумова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 264 с.

Абрамова Л.П., Степанова О.П. Лесоводственная эффективность рубок обновления в сосновых насаждениях на Южном Урале // Актуальные проблемы биологии и экологии: тез. докл. 9 молодеж. науч. конф., посвящ. 40-летию Ин-та биологии Коми науч. центра УрО РАН. Сыктывкар, 2002. С. 5.

Агроклиматический справочник по Челябинской области. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 156 с.

Александров В.В. Лесоводственная эффективность рубок обновления и применения минеральных удобрений в рекреационных сосняках Среднего Урала в целях повышения их устойчивости: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Александров В.В. Екатеринбург, 2002. 22 с.

Алексеев А.С. Радиальный прирост деревьев и древостоев в условиях атмосферного загрязнения // Лесоведение. 1993. № 4. С. 66–71.

Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.

Алексеев В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Наука, 1990. 142 с.

Андреева Е.Н. Динамика видового состава мхов // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. Л.: Бот. ин-т, 1990. С. 133 – 141.

Аникеев Д.Р. Изучение репродукции сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении на селекционно-генетической основе // Лесное селекционное семеноводство: опыт и перспективы: сб. ст. / Федер. служба лесн. хоз-ва России. Екатеринбург, 2000. С. 41–44.

Аникеев Д.Р. Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 81 с.

- Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
- Арсеньева Т.В., Чавчавадзе Е.С. Эколого-экономические аспекты изменчивости древесины сосновых из промышленных районов Европейского Севера. СПб: Наука, 2001. 109 с.
- Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 157 с.
- Астафьева О.М. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках на территории Первоуральско-Ревдинского промузла (южная подзона тайги Урала): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Астафьева О.М. Екатеринбург, 2006. 182 с.
- Атрохин В.Г., Кузнецов Г.В. Лесоводство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989. 400 с.
- Бабушкина Л.Г., Луганский Н.А. Комплексная оценка состояния лесных биогеоценозов в зоне промышленных загрязнений // Проблемы лесоведения и лесной экологии. М., 1990. С. 566–568.
- Барахтенова Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. Новосибирск: Наука, 1988. 84 с.
- Бачурина С.В., Залесов С.В., Платонов Е.П. Влияние рубок обновления в сосняках на видовой состав и надземную фитомассу живого напочвенного покрова // Аграрный вестник Урала. 2015. №1(143). С. 54 – 58.
- Безгина Ю.Н. Лесоводственно-экономическая эффективность постепенных рубок в сосняках южной подзоны тайги Урала: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Безгина Ю.Н. Екатеринбург, 2001. 20 с.
- Бессонова Т.П. Биолого-лесоводственные основы создания высокопродуктивных кедровых насаждений // Леса Урала и хоз-во в них. 1999. № 19. С. 37–41.
- Бобкова К.С., Потапов А.И., Терещук Н.А. Состояние лесов в зоне влияния Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // Лесн. жур. 1997. № 5. С. 84–88.
- Богданова Д.А. Стволовые вредители в зоне промышленного загрязнения // Экология. 1987. № 1. С. 87 – 90.
- Бондарев Л.Т. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976. 153 с.
- Бортитц С., Деслер Х. – Г., Эндерляйн Х. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины. Воздействие. Ответные меры Л.: Лесн. пром-сть, 1981. 181 с.
- Бугаев В.А., Гладышева Н.В. Реконструкция малоценных лесов. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. 128 с.
- Булгаков Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов // Успехи соврем. биол. 2002. № 2. С. 115–135.
- Бунькова Н.П. Основы фитомониторинга: учеб. пособие / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотеева, А.Г. Магасумова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 89 с.

Бусько Е.Г. Трансформация сосновых лесов Беларуси под воздействием антропогенных факторов. М.: Наука, 1995. 88 с.

Бызова Н. М. К постановке проблем изучения трансформации хвои под действием атмосферного загрязнения // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск: СОЛТИ, 1998. С. 73–77.

Бызова Н.М., Самсонова Н.А., Павлович М.М. Состояние сосновой хвои в пригородных лесах вокруг Архангельской агломерации // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: матер. междунар. конф. Архангельск, 2002. Т.1. С. 469–472.

Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 350 с.

Вайчис М.В., Онюна В.М., Славене Л.В. Влияние локального загрязнения атмосферы на лесные почвы и растительность // Почвоведение. 1988. № 11. С. 98 – 107.

Васильева Н.П. Мониторинг повреждаемых загрязняющими веществами лесных экосистем России / Н.П. Васильева, М.Л. Гитарский, Р.Т. Карабань, И.М. Назаров // Лесоведение. 2000. № 1. С. 23–31.

Веселкин Д.В. Снижение длины поглощающих корней пихты сибирской и ели сибирской в условиях загрязнения тяжелыми металлами и SO<sub>2</sub> // Лесоведение. 2003. № 3. С. 65–68.

Веселкин Д.В. Изменение численности всходов и подроста *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. в темнохвойных южно-таежных лесах в условиях загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (Свердловская область) // Растит. ресурсы. 2004. № 1 (40). С. 28–39.

Видякин А.И. Изменчивость анатомо-морфологического строения хвои сосны в географических культурах Кировской области // Лесоведение. 1981. № 5. С. 18 – 25.

Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / под. ред. Л.А. Гришиной. М., 1990. 205 с.

Влияние атмосферных поллютантов на ширину годичных приростов (колец) и размеры трахеид у *Abies religiosa* в районе города Мехико=Impact of air pollution on ring width and tracheid dimensions in *Abies religiosa* in the Mexico City basin Bernal-Salazar Sergio, Terrazas Teresa, Alvarado Dionisio // IAWA// Journal. 2004. № 2. С. 205–215.

Влияние загрязнений воздуха на растительность. / Бёртиц С., Эндерляйн Х., Энгманн Ф. и др.; под ред. проф., д-ра естеств. наук Х.-Г. Десслера: пер. с нем. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 184 с.

Вознячук И.П., Вознячук Н.Л. Структура и состояние нижних ярусов растительности – биоиндикатор развития лесных фитоценозов в условиях техногенного воздействия // Природ. ресурсы. 2002. № 2. С. 50–57.

Воробейчик Е.Л. Концепция экологической диагностики // Методология экологического нормирования. Харьков, 1990. Ч. 1. С. 17–18.

Воробейчик Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.

Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.

Воробейчик Е.Л., Хантемирова Е.В. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимость доза-эффект // Экология. 1994. № 3. С. 31–43.

Воронова В.С., Ронконен Н.И., Раменская М.Л. Лесовосстановление на вырубках Средней Карелии в связи с особенностями ландшафта // Учен. зап. Карел. пед. ин-та. Петрозаводск, 1966. Т. 19. С. 3–8.

Востриков И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почв различными методами // Микробиология. 1961. Т. XXX. Вып. 4. С. 165–174.

Второва В.Н. Изменчивость элементного состава у представителей родов *Populus*, *Lycium* и *Tamarix* на засоленных почвах // Бот. жур. 1993. № 8. С. 17–33.

Второва В.Н., Пьявченко Н. И. Влияние промышленных выбросов на растительный покров северных лесных экосистем // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987. С. 143–147.

Высоцкий Г.Н. Избранные сочинения. В 2 т. Т. 1. М.: АН СССР, 1962а. 497 с.

Высоцкий К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Гослесбуиздат, 1962б. 176 с.

Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.

Гидрометцентр России. URL: <http://www.meteoinfo.ru/>

Гиниятуллин Р.Х. Содержание металлов в разных частях сосны обыкновенной в условиях Стерлитамакского промузла // Экологические основы рационального лесопользования в Среднем Поволжье: матер. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра биол. наук, проф. Аверкина И.С. Йошкар-Ола, 2002. С. 38–39.

Гневнова В.В. Состояние сосновых насаждений искусственного происхождения в южной подзоне тайги на восточном макросклоне Урала: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Гневнова Виктория Викторовна. Екатеринбург, 2009. 106 с.

Голиков Д.Ю. Влияние фитотоксичности почв на состояние сосновых молодняков (в условиях Уральской горно-лесной области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Голиков Д.Ю. Екатеринбург, 2000. 18 с.

Горшков В.В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144–158.

Горышина Т.К. Экология растений: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1979. 368 с.

Государственная экологическая экспертиза. Заключение экспертной комиссии по рассмотрению материалов оценки степени экологического неблагополучия окружающей среды и состояния здоровья населения и проекта Федеральной целевой программы первоочередных неотложных мер на 1996 – 2000 гг. по выводу территории г. Карабаша Челябинской области из состояния экологического бедствия и оздоровлению населения: утв. приказом Мин-ва охраны окруж. среды и природ. ресурсов РФ от 26 июня 1996 г. № 299. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9035640>

Григорьев В.П., Юргенсон Н.А. Адсорбционная способность соснового насаждения и его устойчивость к промышленным эмиссиями // Экология. 1982. № 6. С. 4–21.

Гришина Л.А., Фомина Г.Н. Влияние промышленного загрязнения на процессы трансформации органического вещества // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду: тез. докл. Пущино, 1984. С. 51–53.

Гришина Л.А. Защитная роль подстилки при атмосферном загрязнении почв / Л.А. Гришина, А.Д. Мягкова и др. // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М., 1983. С. 49 – 50.

Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.

Давыдов А.В. Рубки ухода за лесом. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 152 с.

Давыдова М.В. Воздействие заводских дымов на травяные сосняки Южного Урала // Науч. докл. Высш. шк. биол. 1982. № 11. С. 71–74.

Деева Н.М., Мазная Е.А. Структура ценопопуляций кустарничков // Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. Л.: Бот. ин-т, 1990. С. 116–129.

Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой: загрязнители атмосферы и борьба с ними. М., 1973. 279 с.

Егоров М.Н. Биологические и экологические особенности сосны в естественных и искусственных насаждениях Билимбаевского лесхоза Свердловской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Егоров Михаил Николаевич. Свердловск, 1972. 21 с.

Желдак В.И., Неженец А.Н., Янчук В.Ф. Сохранение и обновление насаждений функционального назначения // Лесохоз. информ. 1994. №8. С. 17–19.

Загирова С.В. Анатомическая структура однолетних побегов сосны обыкновенной в разных частях кроны // Лесоведение. 1997. № 1. С. 69–76.

Задорожный А.М. Справочник по лекарственным растениям / А.М. Задорожный, А.Г. Кошкин, С.Я. Соколов и др. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 415 с.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.



Залесов С.В. Защита населенных пунктов от природных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов, Е.Ю. Платонов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.

Залесов С.В., Бачурина С.В. Рубки обновления в низкополнотных сосняках Южного Урала // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: матер. междунар. науч. - техн. конф. / Сыктывкар. лесн. ин-т. Сыктывкар, 2014. С. 92–95.

Залесов С.В., Бачурина С.В. Эффективность рубок обновления в рекреационных сосняках // Вестник Алтайск. аграрн. гос. ун-та. 2013. № 12 (110). С. 53–57.

Залесов С.В., Луганский Н.А. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала: моногр. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. 331 с.

Залесов С.В., Луганский Н.А. Проходные рубки в сосняках Урала. Свердловск: УГЛТА, 1989. 128 с.

Залесов С.В., Бачурина А.В., Бачурина С.В. Состояние сосновых насаждений после первого приема рубок обновления // Вестник Башкир. гос. аграрн. ун-та. 2015. №1. С. 105–109.

Залесов С.В., Магасумова А.Г., Залесова Е.С. Оптимизация рубок ухода в сосняках Среднего Урала // Лесн. вестник – Вестник Моск. гос. ун-та леса. 2007. № 8 (57). С. 18–21.

Залесова М.С., Терин А.А., Залесов С.В. Лесоводственная эффективность рубок обновления каймовым способом в сосняках, вышедших из подсочки // Матер. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов лесохоз. ф-та. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. С. 5.

Зиганшин Р.А. Радиальный прирост в очаге промзагрязнения в Южном Прибайкалье // Лесн. таксация и лесоустройство. Красноярск, 1996. С. 98–106.

Зубарева Р.С. Влияние выбросов промышленных предприятий в Средней Сибири на сосну обыкновенную: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Зубарева Р. С. Красноярск, 1993. 21 с.

Иванова Е.Н. Почвы южной тайги Зауралья // Почвенно-географическое районирование СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 38–57.

Израэль Д.А., Назаров И.М., Пресман А.Я. Кислотные дожди. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 370 с.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 375 с.

Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение. Новосибирск, 1991. 151 с.

Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение. Новосибирск, 1991. 151 с.

Инструкция по сохранению подроста и молодняка хозяйственно-ценных пород при разработке лесосек и приемке от лесозаготовителей

вырубок с проведенными мероприятиями по восстановлению леса. М., 1984. 16 с.

Исаева Р.П., Луганский Н.А. Лесовосстановление на Урале // Лесн. хоз-во. 1981. №10. С. 38 – 41.

Калинин В.А. Модель оценки состояния пораженных древостоев / В.А. Калинин, В.И. Крюк, Н.А. Луганский, С.А. Шавнин // Экология. 1991. №3. С. 21–28.

Карасёва М.А. Влияние атмосферного загрязнения на семяношение лиственницы сибирской // Жизнь популяций в гетерогенной среде: матер. 2-го всерос. популяц. семинара. Йошкар-Ола, 1998. Ч.2. С. 160–161.

Карташова Н.Н. Медоносные растения Томской области. Томск, 1955. 80 с.

Кирин Ф.Я. Природа Челябинской области. Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1964. 224 с.

Ковалёв А.Г. Возраст дерева и анатомоморфологическое строение древостоев сосны обыкновенной // Лесоведение. 1980. № 6. С. 30–36.

Ковалёв Б.И. Состояние заподсоченных сосновых лесов Приангарья // Лесн. хоз-во. 1993. № 5. С. 35–37.

Ковалёв Л.С. Влияние промышленных выбросов металлургического комбината на текущий прирост некоторых видов древесных растений. Воронеж: ВЛТИ, 1983. 7 с.

Коваленко Л.А. Состояние биологической активности лесных почв под сосновыми насаждениями при воздействии сильного и длительного промышленного загрязнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Коваленко Л.А. Екатеринбург, 1996. 22 с.

Кожевников А.П., Кожевникова Г.М., Капралов А.В. Лесные ресурсы Урала для рекреации и познавательного туризма. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 156 с.

Колесников Б.П. Динамика и строение лесов на Урале. Свердловск, 1970. 174 с.

Колесников Б.П. Леса Челябинской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. С. 125–157.

Колесников Б.П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области // Вопросы лесовосстановления и повышения продуктивности лесов Челябинской области. Свердловск: УФ АН СССР, 1961. № 26. С. 3–44.

Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 174 с.

Кондратюк Е.Н., Тарабин В.П., Бакланов В.И. Промышленная ботаника. Киев: Наук. думка, 1980. 260 с.

Копщик Г.Н., Копщик С.В., Мурашкина-Миис М.А. Химические свойства лесных подстилок в условиях атмосферного загрязнения // Лесоведение. 2001. № 6. С. 22–31.

Корякин В.Н. Кедрово-широколиственные леса как объект хозяйствования // Лесные ресурсы Дальнего Востока и их использование: матер. регион. конф. Хабаровск, 2001. С. 10–15.

Кравченко Л.Г. Закономерности роста сосны. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 168 с.

Красноборов И.М. Определитель растений Новосибирской области / И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Д.Н. Шауло и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд. РАН, 2000. 492 с.

Краткий географический справочник. Челябинская область. Челябинск: Версия, 1995. 77 с.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия: утв. Минприроды РФ 30 ноября 1992 г. URL: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW90799/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW90799/).

Крючков В.В. Предельные антропогенные нагрузки и состояние экосистем Севера // Экология. 1991. № 3. С. 28–40.

Кудинов А.И. Рубки переформирования в дубовых лесах Приморья // Лесн. хоз-во. 1998. № 3. С. 27–28.

Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 123 с.

Кулагин Ю.З. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М.: Наука, 1980. 116 с.

Кулагин Ю.З. О газоустойчивости сосны и берёзы // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. Свердловск, 1964. С. 115–122.

Курамшин В.Я. Ведение хозяйства в рекреационных лесах. М., 1988. 116 с.

Левин В.И. Сосняки Европейского Севера (строение, рост и таксация древостоев). М.: Лесн. пром-сть, 1966. 152 с.

Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения / под ред. В.А. Алексеева. Л., 1990. 197 с.

Лесохозяйственный регламент Кыштымского лесничества Главного управления лесами Челябинской области. Нижний Новгород, 2011. 165 с.

Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 421 с.

Листов А.А. Актуальные вопросы мелиорации лесов Европейского Севера // Мелиорация лесов Европейского Севера. Архангельск, 1972. С. 3–8.

Лобжанидзе Э., Габуния М., Матиашвили Г. Влияние техногенного загрязнения внешней среды на активность камбия кольцесосудистых дре-

весных пород // Сб. науч. тр. Ин-та горн. лесоводства АН Грузии. Тбилиси, 2001. № 38. С. 109–119.

Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука. Ленингр. отд., 1979. 232 с.

Луганская В.Д., Луганский Н.А. Некоторые экологические особенности возобновления сосны под пологом насаждений // Леса Урала и хоз-во в них. Свердловск, 1978. Вып. 4. С. 31–54.

Луганский В.Н. Комплексное влияние минеральных удобрений на сосновые насаждения Урала: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Луганский Валерьян Николаевич. Екатеринбург, 1993. 273 с.

Луганский Н.А. Научное обоснование способов возобновления и формирования молодняков на вырубках сосновых лесов Урала: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Луганский Николай Алексеевич. Алма-Ата, 1974. 56 с.

Луганский Н.А. Залесов С.В., Азарёнок В.А. Лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т. 2001. 320 с.

Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 431 с.

Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург, 1995. 297 с.

Луганский Н.А., Макаренко Г.П., Пешкова Н.В. Влияние рубок ухода в сосновых молодняках на развитие травяно-кустарничкового покрова // Леса Урала и хоз-во в них. Свердловск, 1978. Вып. 11. С. 111–117.

Луганский Н.А. Влияние магнезитовой пыли на лесную среду и пути рекультивации загрязненных площадей / Н.А. Луганский, Г.Г. Терехов, С.Л. Меньщиков, Т.Б. Сродных // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. Каунас: Гирионис, 1984. С. 167–169.

Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 1996. 213 с.

Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 1998. 316 с.

Магасумова А.Г. Лесоводственно-экономическая эффективность рубок обновления в сосняках Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Магасумова Альфия Гаптрауфовна. Екатеринбург, 2004. 20 с.

Мазепа В.Г., Приступа Г.К. Влияние промышленных выбросов в атмосферу на некоторые структурные особенности лесных биогеоценозов // Общие проблемы биогеоценологии: тез. докл. II всесоюз. совещ. М., 1986. Ч. II. С. 21–23.

Мазепа В.С. Метод расчёта индексов годичного прироста обобщённого дендроклиматического ряда // Экология. 1982. № 3. С. 21–27.

Майсеенок А.П. Накопление серы древесными растениями в лесных культурах в условиях техногенного загрязнения Новополоцкого промышленного комплекса // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. Гомель, 2001. Вып. 52. С. 71–75.

Макунина Г.С. Антропогенная модификация низкогорного южно-таёжного ландшафта в сфере влияния медеплавильного производства // Вестник Моск. ун-та. Сер. география. 1978. № 3. С. 61–68.

Малеев К.И., Разин Г.С. Анализ хода роста сосняков в зоне промвыбросов г. Перми // Геоэкологические аспекты хозяйствования, здоровья и отдыха: тез. докл. междунар. науч. конф. Пермь, 1993. С. 188–189.

Мамаев С.А., Макаров Н.М. Индивидуальная изменчивость сосны обыкновенной по устойчивости к действию сернистого газа // Растения и промышленная среда. Киев, 1976. С. 96–99.

Массель Г.И., Швец М.М., Кондратов В.В. Аминокислотный обмен у хвойных в условиях промышленного загрязнения и энтомовазии // Экология. 1988. № 4. С. 71–74.

Махнёв А.К., Трубина М.Р., Прямоносова С.А. Лесная растительность в окрестностях предприятий цветной металлургии // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала / УрО АН СССР. Свердловск, 1990. С. 3–41.

Махнёва С.Г. Особенности развития мужского гаметофита сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения среды // Соц.-экон. и экол. проблемы лесн. комплекса: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 1999. С. 64–68.

Махонько Э.П. Поведение тяжелых металлов в почвах горных техногенных ландшафтов / Э.П. Махонько, Г.К. Вергинская, С.Г. Малахов, А.М. Рычков // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 133–136.

Межибовский А.М. Влияние рубки обновления на возобновление под пологом и прирост второго яруса // Лесохоз. информ. 2001. № 2. С. 24–27.

Мелехов И.С. Значение структуры годичных приростов и её динамики в лесоводстве и дендроклиматологии // Лесн. жур. 1979. № 4. С. 6–14.

Мелехов И.С. Лесоведение. М., 1980. 406 с.

Меннинг У.Д., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 143 с.

Менщиков С.Л., Ившин А.П. Закономерности трансформации предтундровых и таёжных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 290 с.

Менщиков С.Л., Махнёв А.К. Динамика жизненного состояния лесных насаждений в условиях хронического загрязнения промышленными выбросами // Биологическая рекультивация нарушенных земель: матер. междунар. совещ. Екатеринбург, 2003. С. 323–331.

Методы оценки состояния и устойчивости лесных экосистем: тез. докл. междунар. совещ. Красноярск, 1999. 215 с.

Михайлова И.Н. О выборе показателей для лишеноиндикации промышленного загрязнения в условиях Среднего Урала // Проблемы устойчивости экосистем. Харьков, 1990. С. 317–319.

Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 96 с.

Морозов В.А., Шиманский П.С. Рост и химический состав хвои в культурах сосны разной густоты в связи с применением удобрений // Лесоведение. 1981. № 5. С. 3–9.

Морозов Г.Ф. Избранные труды. В 2 т. Т. 1. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 558 с.

Муниципальная целевая программа «Развитие туристско-рекреационной деятельности в Кыштымском городском округе на 2011–2013 гг.». Кыштым, 2010. 34 с.

Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03 / Нагимов Зуфар Ягфарович. Екатеринбург, 2000. 40 с.

Нагимов З.Я. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала / З.Я. Нагимов, Л.А. Лысов, И.Ф. Коростелев, С.В. Соколов, И.В. Шевелина, Г.В. Анчугова. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. 296 с.

Назаров И.М., Рябошапка А.Г. Кислотообразующие вещества в атмосфере и их воздействие на продуктивность растительных экосистем // Контроль дальнего и трансграничного переноса загрязняющих воздух веществ: науч. тр. / Ин-т прикладной геофизики. М.: Гидрометеиздат, 1985. Вып. 62. С. 78–93.

Наставления по рубкам ухода в лесах Урала. М., 1994. 104 с.

Неверова О.А. Характеристика некоторых процессов жизнедеятельности березы повислой в условиях техногенного загрязнения города Кемерово // Регион. экология. 2002. № 3–4. С. 58–63.

Нейштадт М.И. Определитель растений средней полосы европейской части СССР: пособие для средн. шк. М.: Гос. уч-пед. изд-во Мин. просвещения РСФСР, 1948. 477 с.

Некрасова Л.С., Вигоров Ю.Л. Экология: метод. указ. к практ. занятиям для студентов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 58 с.

Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.

Николаевский В.С. Лес и промышленные выбросы // Лесн. хоз-во. 1987. № 10. С. 15–16.

Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М: Изд-во МГУЛ, 1998. 191 с.

Николаевский В.С., Яценко В.М. Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями в городах Предуралья и состояние их озеленения. Пермь, 1968. 197 с.

Никонов В.В., Лукина Н.В. Техногенная трансформация запаса подстилки в еловых биогеоценозах Крайнего Севера // Деградация и восстановление лесных почв. М., 1991. С. 174–184.

Оленев А.М. Урал и Новая земля. М.: Мысль, 1965. 215 с.

Онучин А.А., Спицына Н.Т. Структурно-функциональные изменения хвои сосны под влиянием поллютантов в лесостепной зоне Средней Сибири // Лесоведение. 1995. № 5. С. 39 – 45.

Оплетаев А.С. Переформирование производных мягколиственных насаждений в лиственничники с целью повышения продуктивности лесов Южного Урала: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Оплетаев Антон Сергеевич. Екатеринбург, 2013. 229 с.

Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справочник / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.

ОСТ 56-108-98. Лесоводство. Термины и определения. утв. Приказом Рослесхоза от 3 декабря 1998 г. № 203. URL://www.lawrussia.ru/

Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения /отв. ред. Р.Н. Матвеева. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. 360 с.

Пастернак П.С., Ворон В.П., Стельмахова Т.С. Воздействие загрязнения атмосферы на сосновые леса Донбасса // Лесоведение. 1993. № 2. С. 28–38.

Пастушенков Л.В., Пастушенков А.Л., Пастушенков В.Л. Лекарственные растения: использование в медицине и в быту. Л.: Лениздат, 1990. 384 с.

Петров В.В. Жизнь леса и человек. М.: Наука, 1985. 128 с.

Писаренко А.И. Глобальная деградация лесов и проблемы лесного хозяйства // Лесн. хоз-во. 1989. № 10. С. 5–10.

Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.

Подзоров Н.В. Влияние задымления атмосферного воздуха на прирост сосны обыкновенной по диаметру // Изв. вузов. Лесн. жур. 1973. № 2. С. 164–165.

Подзоров Н.В. Промышленная пыль и жизнедеятельность сосны в пригородных лесах Ленинграда // Лесн. жур. 1975. № 2. С. 158–160.

Полюшкин Ю.В., Рыжкова Е.А. Экстремальные значения факторов климата и пророст сосны в районах предполагаемого изъятия части стока (на примере средней тайги Западной Сибири) // Географические аспекты проблемы перераспределения стока Западной Сибири. Иркутск, 1979. С. 36–50.

Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 191 с.



Правила лесовосстановления: утв. приказом Минприроды России от 29.06.2016 № 375. URL: <http://www.consultant.ru>

Правила рубок главного пользования в горных лесах Урала: утв. Гос. комитетом лесн. хоз-ва Мин-ва лесн. хоз-ва РСФСР 23.01.1980 г. М., 1980. 35 с.

Правила рубок главного пользования и лесовосстановительных работ в горных лесах Урала: утв. Гос. комитетом лесн. хоз-ва Мин-ва лесн. хоз-ва РСФСР 01.07.1967 г. М., 1967. 45 с.

Правила ухода за лесами: утв. Приказом МПР России от 16.07.2007 г. № 185. URL: <http://www.consultant.ru/>

Придача В.Б. Соотношение N:P:K как показатель гомеостаза у хвойных в условиях аэротехногенного загрязнения // Сб. работ аспирантов и соискателей Ин-та леса / Ин-т леса КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2002. С. 66–75.

Придача В.Б., Теребова Е.Н., Сазонова Т.А. Сравнительный анализ жизненного состояния сосны обыкновенной и ели сибирской в условиях аэротехногенного загрязнения // Леса Евразии – Белые ночи: матер. 3 междунар. конф. молодых ученых, посвящ. 200-летию высш. лесн. образования в России и 200-летию СПб лесотехн. акад. Мытищи (Моск. обл.), 2003. С. 42–43.

Приказ МПР России от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». URL: <http://www.pravo.gov.ru/>

Прожерина Н.А. Влияние агротехнического загрязнения на сезонную динамику содержания пластидных пигментов в хвое сосны и ели в районе архангельского промузла / Н.А. Прожерина, К.А. Хмара, Н.Н. Рохина, С.Н. Тарханов // Поморье в Баренц. регионе: экономика, экология, культура: матер. междунар. конф. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 176.

Пронин М.Н. Лесопарковое хозяйство: учебник для техникумов. М.: Агропроиздат, 1990. 90 с.

Протопопов В.В., Черняева Г.Н., Степень Р.А. О химическом составе летучих выделений соснового леса // Проблемы аллелопатии: тез. докл. IV всесоюз. совещ. по физиол.-биохим. основам взаимодействий растений в фитоценозах. Киев, 1976. С. 38 – 39.

Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и декоративными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самар. ун-т, 1998. 131 с.

Прыгов Е.В., Уродкова О.Н., Феклистов П.А. Параметры ассимиляционного аппарата в разных типах сосняков // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск, 2000. Вып. 3. С. 25–29.

Пугачевский А.В. Оценка изменчивости радиального прироста деревьев в зоне влияния крупных промышленных предприятий / А.В. Пугачев-

ский, А.А. Моложавский, М.В. Ермохин, А.В. Судник, А.П. Роговой, Н.А. Короткевич, И.Н. Вершицкая // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы: матер. совещ. Тула: Гриф и К<sup>0</sup>, 2001. С. 552–555.

Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 143 с.

Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. М.: Агропромиздат, 1989. 239 с.

Розенберг Г.С., Феклистов Н.А. О прогнозировании прироста сосны и ели методами регрессионного анализа // Лесн. жур. 1981. № 2. С. 18–21.

Рудакова А.А. Пути воздействия загрязнения атмосферы соединениями серы на наземные растения // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л., 1981. Т. 4. С. 99–100.

Рябинин В.М. Влияние промышленных газов на рост деревьев и кустарников // Бот. жур. 1962. Т. 47. Вып. 3. С. 412–416.

Санитарные правила в лесах Российской Федерации. М.: ВНИИЦлес-ресурс, 1998. 25 с.

Санников С.Н. Возрастная биология сосны обыкновенной в Зауралье // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и Зауралье: тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Свердловск, 1976. Вып. 101. С. 124–165.

Санников С.Н. Выживаемость и рост всходов хвойных пород в различных типах микросреды вырубок // Экология. №1. 1970. С. 60–68.

Санников С.Н. Естественное возобновление и пути его повышения в Припышминских борах // Тр. по лесн. хоз-ву Сибири. Новосибирск, 1958. Вып. 4. С. 149–156.

Санников С.Н. Естественное возобновление на сплошных вырубках в сосняках предгорной полосы Северного Зауралья // Лесн. жур. 1961. №4. С. 37–41.

Санников С.Н. Естественное возобновление сосны в сосняках северной тайги Зауралья // Природа и лесная растительность северной части Свердловской области: тр. комиссии по охране природы УФ АН СССР. Свердловск, 1964. Вып. 1. С. 117–129.

Санников С.Н. К проблеме содействия естественному возобновлению хвойных в таежной зоне // Интенсификация лесн. хоз-ва на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 36–45.

Санников С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу: тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. Свердловск, 1973. С. 236–277.

Санников С.Н. Рекомендации по содействию естественному возобновлению главных лесообразующих пород в равнинных лесах Западной Сибири на зонально-типологической основе. Екатеринбург, 1999. 48 с.

Санников С.Н. Эволюционная пироэкология: проблемы, принципы, гипотезы // Горение и пожары в лесу: тез. докл. межреспубл. конф. Свердловск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1984. С. 35–37.

Санников С.Н. Экологическая оценка естественного возобновления сосны в Припышминских борах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Санников С.Н. Свердловск, 1965. 26 с.

Санников Ю.Г., Баранцев А.С. Способ оценки естественного возобновления // Лесн. хоз-во. 1983. № 10. С. 38.

Сапожников А. П. Некоторые теоретические аспекты изучения лесных подстилок // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тез. докл. М., 1980. Ч. 1. С. 289–291.

Свалов С.Н. Методические указания по закладке и обработке пробных площадей на рубки ухода. М.: ВНИИЛМ, 1982. 32 с.

Секерин И.М. Лесоводственно-экономическая эффективность рубок обновления в рекреационных сосняках южной подзоны тайги Среднего Урала: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Секерин Илья Михайлович. Екатеринбург, 2009. 122 с.

Селиховкин А.В. Лесоэнтомологический мониторинг в зонах интенсивных промышленных выбросов // Лесн. жур. 1992. №2. С. 17–19.

Сеннов С.Н. Лесоведение и лесоводство: учебник. СПб: Лань, 2011. 336 с.

Сеннов С.Н. Методические рекомендации по закладке постоянных пробных площадей на рубках ухода. Л.: ЛенНИИЛХ, 1972. 20 с.

Симон Ф.Ф. Результаты изучения некоторых условий возобновления сосны с соображением о рубках в сосняках. Свердловск: Урал. лесотехн. ин-т, 1934. Вып. 2. С. 1–68.

Смирнов И.И. Охрана биосферы и лесная растительность. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 80 с.

Смоляк Л.П., Болботунов А.А., Романов В.С. Влияние рельефа на изменчивость радиального прироста сосны // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука. Сибир. отд., 1986. С. 114–122.

Соловьев С.В. Лесная подстилка как показатель лесовозобновительного потенциала лесов // Лесн. хоз-во. 2010. № 4. С. 25–28.

Сортиментные и товарные таблицы для лесов горного Урала. М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. 208 с.

Степанов А.М. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги / А.М. Степанов, Р.Р. Кабиров, Т.Е. Черненкова, О.Ф. Садыков, Г.М. Ханисламова, Л.С. Некрасова, О.Я. Бутусов, Л.А. Бальцевич; отв. ред. А.М. Степанов. М.: ЦЕПЛ, 1992. 246 с.

Страхов В.В. Состояние лесных ресурсов европейско-уральской части России // Леса русской равнины. М., 1993. С. 201–208.

Суворова Г.Г. Изменение структурных и функциональных признаков фотосинтетического аппарата сосны обыкновенной при техногенном загрязнении / Г.Г. Суворова, Л.С. Янькова, Л.Д. Копытова, А.К. Филиппова // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: матер. междунар. конф. Апатиты, 2004. Ч.2. С. 91–92.

Сукачев В.Н. Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. 49 с.

Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 14 с.

Таранков В.И., Матвеев С.М. Радиальный прирост древостоев сосны обыкновенной в зоне действия промышленного загрязнения // Лесн. жур. Изв. вузов. 1994. № 4. С. 47–51.

Телегин Н.П. Комплексное лесное хозяйство северных стран Европы. М., 1979. 238 с.

Терин А.А. Состояние сосновых насаждений и перспектива их хозяйственного использования после подсочки в Среднем Зауралье: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.03.03 / Терин Александр Алексеевич. Екатеринбург, 2004. 21 с.

Теринов Н.И., Куликов Г.М. Рубки ухода в лесах Урала: практ. рекомендации. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 88 с.

Торлопова Н.В. Состояние сосновых фитоценозов в условиях аэро-техногенного загрязнения Сыктывкарским лесопромышленным комплексом: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Торлопова Н.В. Сыктывкар, 2001. 17 с.

Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 138 с.

Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. Таблицы для таксации леса. Изд. 2-е, перераб. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 459 с.

Трубина М.Р. Анализ состояния травянистой растительности в условиях хронического загрязнения кислыми газами: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Трубина М.Р. Екатеринбург: Ин-т экологии растений и животных УрО РАН, 1996. 24 с.

Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник для лесотехн. вузов. Изд-е 3-е, перераб. и доп. М.: МГУЛ, 2001. 304 с.

Узнава А. Промени в кутикулата и устицата на черен бор (*Pinus nigra* Arn.) от района МК «Кременовици» // Науч. тр. лесотехн. ин-та. Сер. Озеленение. София, 1980. Т. 25. С. 143–146.

Федотов И.С. Сосна как биоиндикатор химического и радиоактивного загрязнения // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду: тез. докл. Пущино, 1984. С. 201–202.

Феклистов П.А., Тутыгин Г.С., Дрожжин Д.П. Состояние сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения атмосферы. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. 132 с.

Фильрозе Е.М. Закономерности естественного возобновления в лесах Ильменско-Вишневогорского лесорастительного района // Вопросы развития хоз-ва на Урале: тр. Ин-та биологии УФАН СССР, 1961. Вып. 25. С. 83–96.

Фильрозе Е.М. Схема генетической классификации типов леса тайги восточного макросклона Южного Урала и северной лесостепи Восточно-Уральского пенеппена // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья. Свердловск, 1967. Вып. 53. С. 119–155.

Фимушин Б.С. Изменение текущего прироста сосновых древостоев под воздействием промышленных выбросов // Закономерности роста и производительности древостоев: тез. докл. науч. конф. Каунас: Лит. СХА, 1985. С. 254–257.

Фомин В.В., Шавнин С.А. Экологическое зонирование состояния лесов в районах действия атмосферных промышленных загрязнений // Экология. 2001. №2. С. 103 – 107.

Хайретдинов А.Ф., Конашова С.И. Рекреационное лесоводство. Уфа: БГАУ, 1994. 223 с.

Хайретдинов А.Ф., Конашова С.И. Экологическая оптимизация рекреационного лесопользования // Экологические основы оптимизации урбанизированной и рекреационной среды. Тольятти, 1992. Ч. 2. С. 90–93.

Ханцевич Ю.Н., Ассакалов М.П., Хатукай М.Х. Предварительные итоги рубок обновления в дубравах Адыгеи // Биология, лесное хозяйство, экология: матер. 5 науч.-практ. конф. Майкоп. гос. технол. ин-та. Майкоп, 2001. С. 66–67.

Цветков В.Ф. Методические рекомендации по оценке существующего и прогнозируемого состояния лесных насаждений в зоне влияния промышленных предприятий Мурманской области. Архангельск: Правда Севера, 1990. 19 с.

Цветков В.Ф. Рост сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения на Кольском полуострове // Лесн. хоз-во. 1991. № 5. С. 20–22.

Цветков В.Ф., Цветков И.В. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. Архангельск: АГТУ, 2003. 354 с.

Цельникер Ю.Л. Упрощенный метод определения поверхности хвои сосны и ели // Лесоведение. 1982. № 4. С. 85–88.

Цемко В.П., Паламарчук И.К., Залуцкая Г.М. Процессы рассеяния микроэлементов в почвах // Микроэлементы в окружающей среде. Киев: Наукова думка, 1980. С. 31–34.

Черкасов А.Ф., Миронов К.А., Шутов В.В. Классификация недревесных ресурсов // Лесн. хоз-во. 2000. № 4. С. 40–41.

Черненкова Т.В. Состояние лесных биогеоценозов в окрестностях комбината «Североникель» // Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб., 1995 б. С. 53–85.

Черненкова Т.В. Структурные реакции лесных фитоценозов южной и северной тайги на промышленные загрязнения // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987. С. 147–157.

Черненкова Т.В. Химический состав снега, почв и растительности // Воздействие металлургических производств на лесные экосистемы Кольского полуострова. СПб., 1995а. С. 44–52.

Черненкова Т.В., Степанов А.М. Подстилка как показатель нарушения биогеоценоза в результате техногенного воздействия // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М., 1983. С. 207–208.

Чивилихин В.А. По городам и весям: путешествия в природу. М.: Молодая гвардия, 1983. 496 с.

Чижов Б.Е. Регулирование травяного покрова при лесовосстановлении. М.: Изд-во ВНИИЛМ, 2003. 174 с.

Чудников П.И. Влияние пожаров на возобновление лесов Урала. М.; Л.: Сельколхозгиз, 1931. 160 с.

Шавнин С.А. Оценка состояния сосновых молодняков в зоне атмосферных загрязнений Ревдинско-Первоуральского промышленного узла / С.А. Шавнин, В.А. Калинин, В.А. Свешников, Е.И. Бойкова // Лесн. жур. 1996. № 4–5. С. 103–106.

Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г. К механизмам повреждения и устойчивости сосны обыкновенной, произрастающей в зонах техногенного загрязнения // Лесн. жур. 2000. № 5–6. С. 26–31.

Шебалова, Н.М., Бабушкина Л.Г. Лесные почвы сосновых насаждений, произрастающих в зонах техногенного загрязнения. Биоиндикаторы загрязнения. Екатеринбург: УГЛТУ, 1999. 194 с.

Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г., Коковкина Т.Г. Взаимосвязь накопления фторосодержащих соединений в лесной подстилке с видовым составом микроскопических грибов // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 1990. № 15. С. 163–172.

Шилова И.И., Лукьянец А.И. Интродукция многолетних трав в условиях промплощадок и санитарно-защитных зон медеплавильных предприятий Урала // Растения и пром. среда: сб. науч. тр. Свердловск, 1982. С. 119–127.

Шиманюк А.П. Восстановительные процессы в сосновых лесах Северного Урала // Восстановительные процессы на концентрированных лесосеках. М.: АН СССР, 1949. С. 66–126.

Шиманюк А.П. Сосновые леса Сибири и Дальнего Востока. М.: АН СССР, 1962. 185 с.

Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.

Шяпятаене Я.А., Вянцкус А.А. Методика оценки состояния лесов в процессе лесоустройства при локальном загрязнении среды. Каунас: Райде, 1985. 10 с.

Щекалев Р.В., Тарханов С.Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 128 с.

Щекалев Р.В., Тарханов С.Н., Прожерина Н.А. Влияние техногенных выбросов на состояние лесных экосистем Северо-Двинского региона // Популяция, сообщество, эволюция: 5 всерос. популяц. семинар. Казань, 2001. Ч. 1. С. 236–238.

Щекалев Р.В., Торлопова Н.В. Годичный прирост сосны обыкновенной в условиях техногенного прессинга со стороны предприятий Архангельска и Сыктывкара // Актуальные проблемы биологии и экологии: тез. докл. 9 молодежн. науч. конф., посвящ. 40-летию Ин-та биологии Коми науч. центра УрО РАН. Сыктывкар, 2002. С. 182–183.

Щербаков А.П., Князева И.Ф., Полиевская Т.И. Жизнедеятельность древесных насаждений в условиях загрязненного воздуха в лесопарковом поясе г. Москвы // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. С. 26–30.

Юсупов И.А., Луганский Н.А., Залесов С.В. Состояние сосновых молодняков в условиях аэропромвыбросов. Екатеринбург: УГЛТА, 1999. 185 с.

Ярмишко В.Т. Антропогенная трансформация хвойных лесов на Европейском Севере // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Феноскандии: тез. докл. Петрозаводск, 1999. С. 209–303.

Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб.: БИН РАН, 1997. 210 с.

Ярмишко В.Т. Характер изменений видового разнообразия нижних ярусов леса под влиянием антропогенных факторов // Изв. СПб лесотехн. акад. 2003. № 169. С. 205–216.

Cape I.N., Percy K.E. Use of needle epicuticular wax chemical composition in the early diagnosis of Norway spruce (*Picea abies* (Z.) Karst) decline in Europe // *Chemosphere*. 1998. Vol. 36. № 4 – 5. P. 985 – 900.

Freedman B., Hutchinson T.C. Pollutant inputs from atmosphere and accumulations in soils and vegetations near a nickel-copper smelter at Sudbury // *Can. J. Bot.* 1980. Vol. 58. № 1. P. 108 – 132.

Giniyatullin R.Kh. Накопление металлов листьями *Betula pendula* в условиях Стерлитамакского промышленного центра: тез. докл. // Микроэлементы в мед. = Metal accumulation by *Betula pendula* Roth. leaves under conditions of the Sterlitamak industrial center / Giniyatullin R.Kh., Kulagin A.A., Zaitsev G.A., Boiko A.A. [7 International Symposium on Metal Ions in Biology and Medicine, St. Petersburg, May 5 - 9, 2002]. St. Peterburg, 2002. 3, № 2. С. 24–27.



Huttunen S., Zaine K. Effects of air – borne pollutants on the surface wax structure *Pinus sylvestris* needles // *Annu. Bot. Fennici*, 1983. Vol. 20. P. 79–86.

Keller T. The use of peroxidase activity for monitoring mapping air pollution areas // *Europ. J. Of Forest Pathology*. 1974. B. 4, H. 1. P. 11–19.

Kim Y.S., Zee I.K. Chemical and structural characteristics of conifer needles exposed to ambient air pollution // *Europ. J. Of Forest Pathology*, 1990. Vol. 20. P. 193–200.

Manninen S., Huttunen S. Response of needle sulphur and nitrogen concentrations of Scots pine versus norway spruce to SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> // *Environ. Pollut.* 2000. № 3. Vol. 107. P. 421–436.

Nash N.H., Nash E.H. Sensitivity of mosses to SO<sub>2</sub> // *Ecologia*. 1974. Vol. 17. № 3. P. 257–263.

Seth Chaman Lai, Bala Madhu. Effect of several variables on specific gravity in different zones of blue pine // *Indian J. Forest*. 1988. № 4. P. 42–47.

Trimbacher C., Weiss P. Needles surface characteristics and element contents of norway spruce in relation to the distance of emission sources // *Environ. Pollution*, 1999. Vol. 105. P. 111–119.

Turunen M. Epicuticular Wax of subarctic Scots pine needles: response to subarctic and heavy metal deposition / M. Turunen, S. Huttunen, K. E. Percy et al. // *New Phytologist*. 1997. Vol. 135. P. 501–515.

Wentzel K.F. Waldcheden was ist wirklich neu // *Mensch Plus Umwelt*. 1958. N 09D967. P. 19–28.

Zaitsev G.A. Содержание некоторых металлов (Ca, Mn, Fe, Sr) в корневой системе *Larix sukaczewii* Dyl. в условиях загрязнения (Уфимский промышленный центр): тез. докл // *Микроэлементы в мед.* = Content of some metals (Ca, Mn, Fe, Sr) in *Larix sukaczewii* Dyl. root system under pollution condition (Ufa industrial center) / Zaitsev G.A., Giniyatullin R.Kh., Kulagin A.Yu., Kugleva N.G. [7 International Symposium on Metal Ions in Biology and Medicine, St. Petersburg, May 5 - 9, 2002]. 2002. 3, № 2. С. 82.

Ze Blanc F. Epiphytes and air pollution // *European Congress on the Influence of air pollution on Plants and Animals*. Wageningen, 1969. P. 211–222.

Ze Blanc F., De Sloover I. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal // *Can. J. Bot.*, 1970. Vol. 48. № 8. P. 1485–1496.

Zlou Zhichun. Variability of characteristics woods within stem and reasonable approach of selection of tests wood beside *Pinus massoniana* Lams / Zhichun Zlou, Zhangrong Wang, Tianhua Chen et al // *J. nanjing Forest. Univ.* 1988. № 4. P. 52–56.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Надземная фитомасса живого напочвенного покрова в абсолютно сухом состоянии в сосняках на  
различном удалении от источника поллютантов, кг/га / %

Название вида	Расстояние от источника поллютантов, км										
	4,2	5,5	5,8	6,6	7,3	8,3	8,8	9,5	13,3	13,8	32,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Брусника Vaccinium vitis-idaea L.	<u>4,7</u> 4,2	<u>12,6</u> 4,3	<u>49,3</u> 14,8	<u>42,7</u> 12,2	<u>27,0</u> 6,4	<u>31,8</u> 7,3	-	-	<u>45,1</u> 7,2	<u>22,9</u> 3,3	<u>29,4</u> 5,7
Бубенчик лилиелистный Adenofora liliefolia L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>36,3</u> 3,8	<u>15,3</u> 2,2	<u>21,1</u> 4,1
Будра плющевидная Glechoma hederacea L.	-	-	-	-	-	-	<u>22,8</u> 3,7	-	-	-	-
Буквица лекарственная Betonica officinalis L.	-	-	-	<u>21,3</u> 6,1	<u>8,7</u> 2,0	-	-	<u>16,9</u> 3,7	<u>30,7</u> 4,9	<u>14,6</u> 2,1	<u>12,4</u> 2,4
Василистник малый (водо- сборный) Thalictrum minus L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>12,8</u> 2,8	-	-	-
Вероника дубравная Veronica chamaedrys L.	-	-	-	-	-	-	<u>27,1</u> 4,4	-	-	-	<u>4,6</u> 0,9
Вероника лекарственная Veronica officinalis L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>31,1</u> 6,8	-	-	-
Герань луговая Geranium pratense L.	-	-	<u>3,9</u> 1,2	<u>5,2</u> 1,5	<u>5,2</u> 1,2	-	<u>14,2</u> 2,3	<u>13,3</u> 2,9	<u>33,8</u> 3,4	<u>12,5</u> 1,8	<u>2,1</u> 0,4
Горошек мышиный Vicia cracca L.	-	-	-	-	-	<u>5,7</u> 1,3	<u>8,6</u> 1,4	<u>5,0</u> 1,1	-	-	<u>2,6</u> 0,5
Гравилат речной Geum rivale L.	-	-	-	-	-	-	<u>19,7</u> 3,2	<u>14,7</u> 3,2	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Грушанка круглолистная <i>Pyrosa rotundifolia</i> L.	-	<u>56,4</u> 15,7	<u>8,2</u> 2,5	<u>8,7</u> 2,5	<u>18,8</u> 4,3	<u>17,8</u> 4,1	<u>7,4</u> 1,2	-	<u>11,3</u> 1,8	<u>13,2</u> 1,9	<u>19,1</u> 3,7
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	-	-	-	-	<u>8,3</u> 1,9	-	-	-	<u>25,7</u> 4,1	<u>18,7</u> 2,7	<u>26,8</u> 5,2
Душица обыкновенная <i>Origanum vulgare</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>19,2</u> 4,2	-	-	-
Жабрица порезниковая <i>Seseli libanotis</i>	-	-	<u>8,8</u> 2,7	-	-	<u>11,7</u> 2,7	-	<u>14,2</u> 3,1	<u>31,9</u> 5,1	<u>14,6</u> 2,1	<u>12,9</u> 2,5
Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>28,9</u> 6,3	-	-	-
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	-	-	-	-	<u>7,4</u> 1,7	<u>10,4</u> 2,4	<u>37,6</u> 6,1	<u>17,4</u> 3,8	<u>13,1</u> 2,1	<u>25,0</u> 3,6	<u>18,0</u> 3,5
Золотарник обыкновенный <i>Solidago virguarea</i> L.	-	-	-	<u>7,3</u> 2,1	<u>8,7</u> 2,0	-	-	<u>27,0</u> 5,9	<u>28,8</u> 4,6	<u>13,2</u> 1,9	<u>22,7</u> 4,4
Иван-чай узколистный <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>6,9</u> 1,1	<u>11,1</u> 1,6	-
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>4,9</u> 0,8	<u>10,1</u> 2,2	-	-	-
Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.	<u>2,3</u> 2,1	-	<u>6,2</u> 1,9	<u>1,7</u> 0,5	<u>2,6</u> 0,6	-	<u>5,5</u> 0,9	-	<u>25,7</u> 4,1	-	<u>15,5</u> 3,0
Клевер люпиновидный <i>Trifolium lupinaster</i> L.	-	-	-	<u>5,9</u> 1,7	<u>7,9</u> 1,8	-	<u>11,7</u> 1,9	-	-	<u>11,8</u> 1,7	<u>2,1</u> 0,4
Костяника <i>Rubus saxatilis</i> L.	-	-	<u>8,2</u> 2,5	<u>8,4</u> 2,6	<u>31,5</u> 7,2	<u>21,3</u> 4,9	-	<u>38,0</u> 8,3	<u>43,2</u> 6,9	<u>26,3</u> 3,8	<u>28,9</u> 5,6
Кочедыжник женский <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>11,8</u> 1,7	-

Продолжение прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кошачья лапка обыкновенная <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaerth	-	<u>10,0</u> 3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>6,8</u> 1,1	-	-	-	-
Кровохлёбка лекарственная <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	-	-	-	-	<u>15,3</u> 3,5	<u>9,6</u> 2,2	-	<u>22,4</u> 4,9	<u>38,2</u> 6,1	<u>11,1</u> 1,6	<u>3,1</u> 0,6
Купена лекарственная <i>Poligonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	-	<u>12,9</u> 2,4	-	-	-	<u>13,5</u> 3,1	-	-	-	-	-
Лапчатка гусиная <i>Potentilla anserine</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>18,2</u> 2,9	-	-
Майник двулистный <i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	-	-	-	-	-	<u>3,9</u> 0,9	-	-	-	<u>3,5</u> 0,5	<u>10,8</u> 2,1
Манжетка обыкновенная <i>Alchemilla vulgaris</i> L.	-	-	-	-	-	<u>26,5</u> 6,1	<u>8,6</u> 1,4	-	-	-	<u>8,8</u> 1,7
Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Tussilago farfara</i> L.	<u>7,0</u> 6,3	-	-	-	-	-	-	-	<u>11,9</u> 1,9	-	-
Медуница мягчайшая <i>Pulmonaria dactica</i> Simonk.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>20,7</u> 3,3	<u>4,9</u> 0,7	<u>13,4</u> 2,6
Наперстянка крупноцветковая <i>Digitalis grandiflora</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>16,9</u> 2,7	-	-
Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	<u>4,3</u> 0,7	-	-	-	-
Одноцветка крупноцветковая <i>Monesis uniflora</i> (L.) A. Gray	-	-	-	<u>30,8</u> 8,8	<u>7,4</u> 1,7	<u>7,0</u> 1,6	-	-	<u>16,9</u> 2,7	<u>9,0</u> 1,3	<u>4,1</u> 0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орляк обыкновенный <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	<u>44,9</u> 40,4	<u>77,2</u> 26,3	<u>125,8</u> 38,5	-	<u>67,7</u> 17,5	<u>110,0</u> 25,3	<u>43,7</u> 7,1	<u>22,9</u> 5,0	<u>45,1</u> 7,2	<u>58,2</u> 8,4	<u>55,1</u> 10,7
Первоцвет весенний <i>Primula veris</i> L.	-	-	-	-	-	-	16,6 2,7	-	-	-	-
Подмаренник северный <i>Gallium boreale</i> L.	-	<u>10,6</u> 3,6	-	<u>3,1</u> 0,9	<u>7,9</u> 1,8	-	-	<u>9,6</u> 2,1	<u>12,5</u> 2,0	<u>15,9</u> 2,3	<u>5,7</u> 1,1
Подорожник средний <i>Plantago media</i> L.	-	-	-	<u>7,3</u> 2,1	-	-	-	-	-	-	-
Реброплодник уральский <i>Pleurosperum uralense</i> Hoffm.	-	-	-	-	-	-	<u>5,5</u> 0,9	<u>4,6</u> 1,0	-	-	<u>9,3</u> 1,8
Седмичник европейский <i>Trientalis europea</i> L.	-	-	-	-	<u>1,3</u> 0,3	<u>3,0</u> 0,7	-	-	<u>5,6</u> 0,9	<u>6,2</u> 0,9	-
Семейство злаковые Poaceae	<u>52,3</u> 47,0	<u>91,6</u> 31,2	<u>100,7</u> 30,8	<u>70,3</u> 20,1	<u>109,7</u> 26,7	<u>87,4</u> 20,6	<u>69,0</u> 11,2	<u>70,5</u> 15,4	<u>96,4</u> 15,4	<u>99,1</u> 14,3	<u>92,8</u> 18,0
Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>24,0</u> 3,9	<u>6,4</u> 1,4	-	<u>26,3</u> 3,8	<u>26,3</u> 5,1
Таволга вязолистная <i>Filipendula ulmaria</i> Moench.	-	-	-	-	-	-	<u>8,6</u> 1,4	-	-	-	-
Фиалка удивительная <i>Viola mirabilis</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>21,3</u> 2,2		<u>2,6</u> 0,5
Хвощ лесной <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>239,6</u> 38,4	-	-	-	-
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	-	<u>38,5</u> 13,1	-	<u>136,0</u> 38,9	<u>74,7</u> 17,1	<u>63,5</u> 14,6	-	<u>46,3</u> 10,8	-	<u>240,5</u> 34,7	<u>62,4</u> 12,1
Черноголовка обыкновенная <i>Prunella vulgaris</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>13,6</u> 2,2	-	-	-	

Окончание прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чина весенняя Lathyrus vernus (L.) Bernh.	-	-	<u>16,7</u> 5,1	-	<u>10,1</u> 2,3	<u>9,6</u> 2,2	-	<u>23,4</u> 5,1	<u>22,5</u> 3,6	<u>7,6</u> 1,1	<u>3,1</u> 0,6
Щавель конский Rumex confertus Willd.	-	-	-	-	-	-	<u>19,1</u> 3,1	-	-	-	-
Итого	<u>111,2</u> 100,0	<u>309,7</u> 100,0	<u>327,8</u> 100,0	<u>348,9</u> 100,0	<u>421,3</u> 100,0	<u>432,8</u> 100,0	<u>619,1</u> 100,0	<u>454,8</u> 100,0	<u>658,5</u> 100,0	<u>693,2</u> 100,0	<u>515,4</u> 100,0
Количество видов	5	8	9	13	18	16	22	21	24	24	27

Приложение 2

Надземная фитомасса живого напочвенного покрова в абсолютно сухом состоянии в березняках на различном удалении от источника поллютантов, кг/га / %

Название вида	Расстояние от источника поллютантов, км									
	4,7	4,8	6,4	6,8	8,5	9,1	11,8	13,1	17,5	31,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бедренец-камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	-	-	-	-	<u>43,9</u> 8,5	<u>14,2</u> 2,5	-	<u>14,2</u> 2,1	-	<u>3,9</u> 0,7
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	-	<u>1,1</u> 2,1	<u>1,9</u> 1,7	<u>9,9</u> 1,8	<u>12,9</u> 2,5	<u>12,0</u> 2,1	<u>22,9</u> 3,4	<u>1,4</u> 0,2	<u>17,8</u> 2,9	<u>13,3</u> 2,4
Бубенчик лилиелистный <i>Adenofora liliefolia</i> L.	-	-	-	<u>22,5</u> 4,1	-	-	-	<u>7,4</u> 1,1	<u>19,0</u> 3,1	<u>14,9</u> 2,7
Будра плющевидная <i>Glechoma hederacea</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>15,4</u> 2,3	-	5,0 0,9
Буквица лекарственная <i>Betonica officinalis</i> L.	-	-	<u>10,1</u> 9,0	<u>20,3</u> 3,7	<u>8,8</u> 1,7	<u>21,1</u> 3,7	<u>15,5</u> 2,3	-	<u>17,8</u> 2,9	<u>13,3</u> 2,4
Василистник малый <i>Thalictrum minus</i> L.	-	-	-	-	-	-	<u>6,7</u> 1,0	-	-	-
Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.	<u>1,4</u> 1,5	<u>1,1</u> 2,2	<u>5,2</u> 4,6	-	-	<u>6,8</u> 1,2	<u>12,8</u> 1,9	<u>10,8</u> 1,6	<u>15,3</u> 2,5	<u>9,4</u> 1,7
Вероника лекарственная <i>Veronica officinalis</i> L.	-	-	<u>5,3</u> 4,7	-	<u>19,6</u> 3,8	-	-	-	-	-
Герань луговая <i>Geranium pratense</i> L.	<u>0,7</u> 0,8	-	<u>2,8</u> 2,5	-	<u>24,3</u> 4,7	<u>12,0</u> 2,1	<u>18,9</u> 2,8	<u>12,2</u> 1,8	<u>19,6</u> 3,2	<u>28,2</u> 5,1
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	<u>3,3</u> 3,6	<u>1,4</u> 2,7	-	<u>11,5</u> 2,1	-	<u>10,8</u> 1,9	-	<u>6,1</u> 0,9	<u>6,1</u> 1,0	-
Грушанка круглолистная <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	<u>1,4</u> 1,5	<u>1,2</u> 2,3	<u>1,9</u> 1,7	<u>7,1</u> 1,3	<u>4,6</u> 0,9	<u>1,7</u> 0,3	<u>7,4</u> 1,1	-	-	<u>13,3</u> 2,4



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>36,2</u> 5,9	-
Душица обыкновенная <i>Origanum vulgare</i> L.	-	-	-	-	<u>5,7</u> 1,1	-	-	<u>10,8</u> 1,6	<u>17,8</u> 2,9	<u>8,3</u> 1,5
Жабрица порезниковая <i>Seseli libanotis</i> L.	-	-	-	-	-	<u>29,0</u> 5,1	<u>40,5</u> 6,0	-	-	-
Зверобой продырявленный <i>Hypericum perforatum</i> L.	-	-	<u>0,7</u> 0,6	-	-	-	-	<u>11,5</u> 1,7	<u>18,4</u> 3,0	-
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	<u>1,6</u> 1,7	-	-	<u>11,5</u> 2,1	<u>16,5</u> 3,2	<u>8,0</u> 1,4	<u>25,6</u> 3,8	<u>6,8</u> 1,0	<u>16,5</u> 2,7	<u>12,2</u> 2,2
Золотарник обыкновенный <i>Solidago virgaurea</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>21,7</u> 3,2	<u>13,5</u> 2,2	-
Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.	<u>5,1</u> 5,6	<u>2,7</u> 5,4	<u>1,9</u> 1,7	<u>9,9</u> 1,8	<u>13,4</u> 2,6	<u>9,7</u> 1,7	<u>2,7</u> 0,4	<u>24,4</u> 3,6	-	10,0 1,8
Клевер ползучий <i>Trifolium repens</i> L.	<u>1,4</u> 1,5	-	<u>1,0</u> 0,9	-	-	-	<u>12,8</u> 1,9	-	<u>11,0</u> 1,8	-
Клевер люпиновидный <i>Trifolium lupinaster</i> L.	-	<u>1,7</u> 3,3	<u>1,9</u> 1,7	-	-	<u>10,3</u> 1,8	-	<u>14,9</u> 2,2	<u>8,6</u> 1,4	<u>8,3</u> 1,5
Костяника <i>Rubus saxatilis</i> L.	-	-	<u>4,1</u> 3,6	<u>42,8</u> 7,8	-	<u>25,1</u> 4,4	<u>31,7</u> 4,7	<u>24,4</u> 3,6	<u>29,4</u> 4,8	<u>4,4</u> 0,8
Кочедыжник женский <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	-	-	-	<u>20,8</u> 3,8	-	-	<u>48,6</u> 7,2	-	-	-
Кошачья лапка обыкновенная <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaerth	-	-	-	-	<u>4,6</u> 0,9	-	<u>8,8</u> 1,3	-	-	-
Кровохлёбка лекарственная <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	-	-	<u>2,1</u> 1,9	-	-	<u>22,2</u> 3,9	<u>15,5</u> 2,3	<u>8,8</u> 1,3	-	<u>9,4</u> 1,7

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Купена лекарственная Poligonatum odoratum (Mill.) Druce	-	<u>0,4</u> 0,7	-	-	<u>6,2</u> 1,2	-	-	-	<u>22,1</u> 3,6	<u>22,7</u> 4,1
Лапчатка гусиная Potentilla anserine L.	-	-	-	<u>4,9</u> 0,9	-	-	-	-	-	-
Лапчатка прямостоячая Potentilla erecta (L.) Raeschel	-	-	-	<u>5,5</u> 1,0	-	<u>5,7</u> 1,0	-	<u>37,3</u> 5,5	-	-
Майник двулистный Majanthemum bifolium (L.) F.W. Schmidt.	-	-	<u>1,2</u> 1,1	<u>6,0</u> 1,1	-	<u>5,1</u> 0,9	-	<u>2,7</u> 0,4	-	<u>4,4</u> 0,8
Манжетка обыкновенная Alchemilla vulgaris L.	<u>3,7</u> 4,0	-	-	<u>21,4</u> 3,9	-	-	-	<u>13,6</u> 2,0	<u>16,5</u> 2,7	<u>8,3</u> 1,5
Мать-и-мачеха обыкновенная Tussilago farfara L.	<u>8,4</u> 9,2	<u>3,4</u> 6,7	-	<u>8,8</u> 1,6	-	-	-	-	-	-
Медуница мягчайшая Pulmonaria dastica Simonk	-	-	-	-	-	-	<u>10,8</u> 1,6	<u>8,8</u> 1,3	<u>14,1</u> 2,3	<u>11,1</u> 2,0
Наперстянка крупноцветковая Digitalis grandiflora L.	-	-	<u>1,5</u> 1,3	-	<u>5,6</u> 1,1	-	-	<u>18,3</u> 2,7	<u>16,5</u> 2,7	<u>16,6</u> 3,0
Нивяник обыкновенный Leucanthemum vulgare Lam.	-	-	-	-	-	-	-	<u>6,8</u> 1,0	<u>5,5</u> 0,9	<u>2,2</u> 0,4
Орляк обыкновенный Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	<u>9,6</u> 10,5	<u>4,2</u> 8,3	<u>20,8</u> 18,5	<u>154,6</u> 28,2	<u>119,1</u> 23,2	<u>117,3</u> 20,6	<u>28,3</u> 4,2	<u>171,5</u> 25,3	<u>14,1</u> 2,3	<u>62,5</u> 11,3
Ортилия однобокая Orthilia secunda (L.) House	<u>0,7</u> 0,8	-	<u>0,9</u> 0,8	-	<u>4,1</u> 0,8	-	<u>9,4</u> 1,4	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подмаренник северный Gallium boreale L.	<u>0,4</u> 0,4	-	<u>0,7</u> 0,6	-	-	<u>6,3</u> 1,1	<u>12,8</u> 1,9	<u>8,1</u> 1,2	<u>9,2</u> 1,5	<u>6,1</u> 1,1
Реброплодник уральский Pleurosperum uralense Hoffm.	<u>3,3</u> 3,6	-	<u>1,5</u> 1,3	-	-	<u>2,8</u> 0,5	-	<u>1,4</u> 0,2	<u>6,1</u> 1,0	<u>9,4</u> 1,7
Седмичник европейский Trientalis europea L.	-	-	-	<u>2,7</u> 0,5	-	-	-	-	-	-
Семейство злаковые Poaceae	<u>43,1</u> 47,1	<u>23,0</u> 45,6	<u>27,9</u> 24,8	<u>85,5</u> 15,6	<u>147,8</u> 28,8	<u>125,9</u> 22,1	<u>124,8</u> 18,5	<u>87,4</u> 12,9	<u>147,1</u> 24,0	<u>109,0</u> 19,7
Сныть обыкновенная Aegoropodium podagraria L.	-	-	-	<u>29,6</u> 5,4	-	<u>38,2</u> 6,7	<u>144,3</u> 21,4	<u>34,6</u> 5,1	<u>26,4</u> 4,3	<u>28,8</u> 5,2
Таволга обыкновенная Filipendula vulgaris Moench.	-	-	-	-	-	-	-	<u>4,7</u> 0,7	<u>15,9</u> 2,6	<u>12,7</u> 2,3
Таволга вязолистная Filipendula ulmaria (L.) Maxim.	-	-	-	-	<u>8,2</u> 1,6	<u>5,1</u> 0,9	-	-	-	11,6 2,1
Фиалка удивительная Viola mirabilis L.	-	-	-	-	<u>3,1</u> 0,6	-	-	-	-	-
Хвощ лесной Eguisetum sylvaticum L.	<u>5,2</u> 5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Черника Vaccinium myrtillus L.	-	<u>10,4</u> 20,7	<u>16,2</u> 14,4	<u>55,4</u> 10,1	<u>65,7</u> 12,8	<u>71,2</u> 12,5	<u>59,4</u> 8,8	<u>77,3</u> 11,4	<u>56,4</u> 9,2	<u>71,4</u> 12,9
Чина весенняя Lathyrus vernus (L.) Bernh.	-	-	<u>2,9</u> 2,6	<u>17,5</u> 3,2	-	<u>9,1</u> 1,6	<u>14,2</u> 2,1	<u>14,2</u> 2,1	<u>15,9</u> 2,6	<u>22,7</u> 4,1
Щавель конский Rumex confertus Willd.	<u>2,3</u> 2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	<u>91,5</u> 100	<u>50,4</u> 100	<u>112,6</u> 100	<u>548,3</u> 100	<u>516,4</u> 100	<u>569,5</u> 100	<u>674,5</u> 100	<u>677,8</u> 100	<u>612,8</u> 100	<u>553,2</u> 100
Количество видов	16	11	21	20	18	23	22	29	27	29

Приложение 3

Распределение видов ЖНП по ценотипам и хозяйственному значению

Вид	Хозяйственное значение	Ценотип
1	2	3
Бедренец-камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	Лекарственное, пищевое, кормовое, медоносное, техническое, сорное	Луговой
Бодяк разнолистный <i>Cirsium heterophyllum</i> Hill	Лекарственное, кормовое, пищевое	Лесной
Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Лекарственное, пищевое, витаминоносное	Лесной
Бубенчик лилиелистный <i>Adenophora liliefolia</i> Led.	Кормовое, медоносное, декоративное	Лесолуговой
Будра плющевидная <i>Glechoma hederacea</i> L.	Лекарственное, витаминоносное, медоносное, пищевое, ядовитое, кормовое	Лесолуговой
Буквица лекарственная <i>Betonica officinalis</i> L.	Лекарственное, кормовое	Луговой
Василистник малый <i>Thalictrum minus</i> L.	Лекарственное, ядовитое	Луговой
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> Roth	Кормовое, декоративное	Лесолуговой
Венерин башмачок настоящий <i>Cypripedium calceolus</i> L.	Декоративное	Лесолуговой
Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.	Лекарственное, медоносное, кормовое	Лесолуговой
Вероника лекарственная <i>Veronica officinalis</i> L.	Лекарственное	Лесолуговой
Вороний глаз <i>Paris quadrifolia</i> L.	Лекарственное, ядовитое	Лесной
Герань лесная <i>Geranium silvaticum</i> L.	Лекарственное, красильное, медоносное, дубильное, витаминоносное	Лесной
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	Лекарственное, медоносное, кормовое, витаминоносное	Лесолуговой
Горошек призаборный <i>Vicia sepium</i> L.	Лекарственное, медоносное, кормовое, витаминоносное	Лесолуговой
Гравилат речной <i>Geum rivale</i> L.	Лекарственное	Лесолуговой

Продолжение прил. 3

1	2	3
Грушанка круглолистная <i>Pirola rotundifolia</i> L.	Лекарственное, кормовое, пищевое	Лесной
Дудник лесной <i>Angelica silvestris</i> L.	Лекарственное, пищевое, кормовое, медоносное	Лесной
Дягиль лекарственный <i>Archangelica officinalis</i> Hoffm	Лекарственное	Лесной
Звездчатка ланцетовидная <i>Stellaria holostea</i> L.	Лекарственное, ядовитое, сорное	Лесолуговой
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.	Лекарственное, витаминоносное, пи- щевое, медоносное, кормовое	Лесной
Зимолюбка зонтичная <i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W. Barton	Лекарственное, пищевое, кормовое	Лесной
Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Holub	Медоносное, кормовое, пищевое, де- коративное	Луговой синантроп
Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.	Лекарственное, кормовое, пищевое, медоносное, техническое	Лесной
Клевер люпиновидный <i>Trifolium lupinaster</i> L.	Кормовое, медоносное, техническое	Луговой
Клевер ползучий <i>Trifolium repens</i> L.	Лекарственное, пищевое, кормовое, сорное	Луговой
Клубника луговая <i>Fragaria viridis</i> Duch.	Лекарственное, витаминоносное, пи- щевое, медоносное, кормовое	Луговой
Копытень европейский <i>Asarum europaeum</i> L.	Лекарственное, декоративное, ядови- тое	Лесной
Костяника <i>Rubus saxatilis</i> L.	Лекарственное, медоносное, кормо- вое, пищевое, витаминоносное	Лесной
Кочедыжник женский <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	Лекарственное, техническое, ядови- тое	Лесной
Кошачья лапка двудомная <i>Antennaria dioica</i> Gaertn.	Лекарственное, декоративное	Лесной
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	Лекарственное, витаминоносное, пи- щевое, кормовое, красильное	Луговой синантроп
Кровохлёбка лекарственная <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Лекарственное, пищевое, дубильное, красильное, медоносное, кормовое, декоративное	Лесолуговой
Кукушкин лён обыкновенный <i>Polytrichum commune</i> L.	Лекарственное, техническое	Лесной
Купена лекарственная <i>Polygonatum officinale</i> All.	Лекарственное, декоративное	Лесной
Лабазник дланевидный <i>Filipendula palmata</i> L.	Лекарственное, пищевое, дубильное, медоносное, кормовое, декоративное, эфирное	Лесной

Продолжение прил. 3

1	2	3
Лапчатка гусиная <i>Potentilla anserina</i> L.	Лекарственное, медоносное, пищевое, жирное масло, дубильное	Луговой синантроп
Лапчатка прямостоячая <i>Potentilla erecta</i> (L.) Raensch	Лекарственное, дубильное, красильное, кормовое	Луговой
Майник двулистный <i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt	Лекарственное	Лесной
Манжетка обыкновенная <i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Медоносное	Луговой
Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Tussilago farfara</i> L.	Лекарственное, пищевое, сорное	Луговой
Медуница мягчайшая <i>Pulmonaria dacica</i> Simonk.	Медоносное, витаминосное	Лесной
Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	Кормовое, декоративное	Луговой
Мятлик узколистый <i>Poa angustifolia</i> L.	Кормовое, декоративное	Лесолуговой
Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Лекарственное, медоносное, сорное	Луговой
Одноцветка крупноцветковая <i>Monesis uniflora</i> A. Gray	Декоративное	Лесной
Орляк обыкновенный <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Пищевое, кормовое, ядовитое, сорное	Лесной
Ортилия однобокая <i>Orthilia secunda</i> (L.) House	Декоративное	Лесной
Осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> L.	Сорное	Луговой
Очиток едкий <i>Sedum acre</i> L.	Кормовое	Луговой
Первоцвет весенний <i>Primula veris</i> L.	Лекарственное, пищевое, кормовое, медоносное, декоративное	Лесолуговой
Подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> L.	Медоносное	Лесолуговой
Подмаренник северный <i>Gallium boreale</i> L.	Кормовое, медоносное, красильное	Лесной синантроп
Подорожник большой <i>Plantago major</i> L.	Лекарственное, сорное	Луговой
Подорожник ланцетолистный <i>Plantago lanceolata</i> L.	Лекарственное	Лесной синантроп
Прострел раскрытый <i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	Лекарственное, пищевое, кормовое, декоративное	Лесной
Седмичник европейский <i>Trientalis europaea</i> L.	Медоносное	Лесной

Окончание прил. 3

1	2	3
Сныть обыкновенная <i>Aegorodium podagraria</i> L.	Медоносное, пищевое, красильное	Лесной
Соссюрея крупнолистная <i>Saussurea grandifolia</i> Maxim L.	Лекарственное, пищевое	Лесной
Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> L.	Кормовое	Лесолуговой
Тмин обыкновенный <i>Carum carvi</i> L.	Лекарственное, медоносное, эфирное, пищевое	Лесной
Толокнянка обыкновенная <i>Arctostaphylos uva ursi</i> (L.) Spreng	Дубильное, красильное, лекарственное, кормовое	Лесной
Тысячелистник обыкновенный <i>Achillea Mill.efolium</i> L.	Лекарственное, декоративное	Луговой синантроп
Фиалка собачья <i>Viola canina</i> L.	Лекарственное, декоративное, кормовое, эфирное	Лесолуговой
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Лекарственное, медоносное, пищевое, витаминоносное	Лесной
Черноголовка обыкновенная <i>Brunella vulgaris</i> L.	Лекарственное, витаминоносное, медоносное, кормовое, эфиромасличное, дубильное, декоративное	Луговой
Чина весенняя <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	Лекарственное, медоносное, кормовое	Лесной
Ястребинка волосистая <i>Hieracium pilosella</i> L.	Лекарственное, медоносное, ядовитое, декоративное	Лесной
Ятрышник шлемоносный <i>Orchis militaris</i> L.	Декоративное	Лесной



*Приложение 4*

Фракции лесной подстилки

А – листья, Б – кора, В – остатки ЖНП, Г – труха,  
Д – хвоя, Е – шишки, Ж – ветви





Надземная фитомасса живого напочвенного покрова в абсолютно сухом состоянии на ПП, кг/га/ %

Название вида	Номер ПП										
	1	3	5	6	9	15	19	20	21	10К	22К
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бедренец-камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	<u>20,6</u> 4,3	<u>4,2</u> 0,9	<u>15,0</u> 3,1	-	-	<u>31,8</u> 6,6	<u>7,0</u> 1,4	<u>14,8</u> 3,1	<u>58,4</u> 12,1	<u>14,7</u> 2,0	-
Бодяк разнолистный <i>Cirsium heterophyllum</i> ( L.) Hill	-	<u>2,3</u> 0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Брусника <i>Vaccinium vitis idaea</i> L.	<u>49,7</u> 10,3	<u>18,5</u> 1,9	<u>113,2</u> 13,0	<u>31,2</u> 4,6	<u>353,0</u> 17,2	<u>262,3</u> 33,9	<u>212,3</u> 34,7	<u>79,1</u> 9,2	<u>95,2</u> 7,0	<u>49,7</u> 6,0	<u>25,1</u> 5,5
Бубенчик лилиелистный <i>Adenophora liliefolia</i> Led.	-	-	-	-	-	-	<u>23,0</u> 3,8	<u>35,2</u> 4,1	<u>10,1</u> 0,7	-	-
Будра плющевидная <i>Glechoma hederacea</i> L.	-	-	<u>15,0</u> 1,7	<u>8,5</u> 1,2	<u>19,9</u> 1,0	-	-	-	-	-	-
Буквица лекарственная <i>Betonica officinalis</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>51,7</u> 6,0	<u>51,1</u> 3,8	-	-
Василистник малый <i>Thalictrum minus</i> L.	-	-	<u>8,3</u> 1,0	-	<u>5,9</u> 0,3	-	-	-	-	<u>16,3</u> 2,0	-
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> Roth	<u>98,3</u> 20,3	<u>408,0</u> 41,0	<u>229,3</u> 26,3	<u>123,9</u> 18,1	<u>158,0</u> 7,7	<u>122,4</u> 15,4	<u>100,4</u> 16,4	<u>223,2</u> 25,9	<u>387,3</u> 28,5	<u>101,3</u> 12,3	<u>35,0</u> 7,7
Венерин башмачок настоящий <i>Cypripedium calceolus</i> L.	-	-	-	<u>4,0</u> 0,6	-	-	-	-	-	-	-
Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.	<u>15,2</u> 3,1	<u>21,8</u> 2,2	<u>19,2</u> 2,2	-	<u>215,2</u> 10,5	-	-	<u>4,1</u> 0,5	<u>8,1</u> 0,6	<u>31,0</u> 3,8	-
Вероника лекарственная <i>Veronica officinalis</i> L.	<u>7,4</u> 1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вороний глаз <i>Paris quadrifolia</i> L.	-	-	<u>0,1</u> 0,0	-	<u>5,4</u> 0,3	-	<u>21,6</u> 3,5	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Герань лесная Geranium silvaticum L.	-	<u>8,2</u> 0,8	<u>1,6</u> 0,2	<u>10,0</u> 1,5	-	-	-	<u>15,2</u> 1,8	<u>32,6</u> 2,4	-	-
Горошек мышиный Vicia cracca L.	-	-	-		<u>135,4</u> 6,6	-	-	-	<u>69,9</u> 5,1	<u>4,6</u> 0,6	-
Горошек призаборный Vicia sepium L.	-	-	-	<u>3,4</u> 0,5	<u>258,4</u> 12,6	-	-	-	-	-	-
Гравилат речной Geum rivale L.	-	-	-	<u>18,4</u> 2,7	-	-	-	-	-	-	-
Грушанка круглолистная Pirola rotundifolia L.	-	<u>5,6</u> 0,6	-	<u>9,1</u> 1,3	-	-	<u>30,1</u> 4,9	<u>11,8</u> 1,4	<u>6,9</u> 0,5	-	-
Дудник лесной Angelica silvestris L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>4,9</u> 0,6	<u>82,2</u> 6,0	-	-
Дягиль лекарственный Archangelica officinalis Hoffm	-	-	-	-	<u>28,0</u> 1,4	-	-	-	-	-	-
Звездчатка ланцетовидная Stellaria holostea L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>3,7</u> 0,5	-
Земляника лесная Fragaria vesca L.	<u>28,5</u> 5,5	<u>22,5</u> 2,3	<u>8,1</u> 0,9	<u>11,0</u> 1,6	<u>30,6</u> 1,5	<u>8,4</u> 1,1		<u>6,3</u> 0,7	<u>63,7</u> 4,7	<u>28,5</u> 3,5	
Зимолюбка зонтичная Chimaphila umbellata (L.) W. Barton	<u>11,5</u> 2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Иван-чай узколистный Chamaenerion angustifolium (L.) Holub	-	-	-	-	<u>6,3</u> 0,3	<u>15,5</u> 2,0	-	-	-	-	-
Клевер луговой Trifolium pratense L.	<u>5,1</u> 1,1	-	<u>12,7</u> 1,5	<u>3,6</u> 0,5	<u>259,1</u> 12,6	<u>15,9</u> 2,1	<u>23,1</u> 3,8			<u>26,8</u> 3,8	
Клевер люпиновидный Trifolium lupinaster L.	<u>26,3</u> 5,4	<u>2,5</u> 0,3	-	<u>8,3</u> 1,2	-	-	-	-	-	<u>21,1</u> 2,6	<u>1,8</u> 0,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Клевер ползучий Trifolium repens L.	<u>1,5</u> 0,3	-	-	<u>16,9</u> 2,5	<u>63,0</u> 3,1	-	-	-	-	-	-
Клубника луговая Fragaria viridis Duch.	-	-	<u>10,2</u> 1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Копытень европейский Asarum europaeum L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>26,2</u> 1,9	-	-
Костяника Rubus saxatilis L.	<u>45,2</u> 9,2	<u>44,6</u> 4,5	<u>44,2</u> 5,1	<u>10,1</u> 1,5	<u>15,1</u> 0,7	<u>30,0</u> 3,9	<u>25,1</u> 4,1	<u>24,8</u> 2,9		<u>2,2</u> 0,3	<u>23,6</u> 5,2
Кочедыжник женский Athyrium filix femina (L.) Roth	-	-	-	-	-	<u>13,8</u> 1,8	-	-	-	-	-
Кошачья лапка двудомная Antennaria dioica Gaertn.	-	-	-	-	<u>45,6</u> 2,2	-	-	-	-	-	-
Крапива двудомная Urtica dioica L.	-	-	-	-	<u>63,0</u> 3,1	-	-	-	-	-	-
Кровохлёбка лекарственная Sanguisorba officinalis L.	-	-	-	<u>6,6</u> 1,0	<u>1,2</u> 0,1	<u>18,0</u> 2,3	<u>2,7</u> 0,4	<u>25,1</u> 2,9	-	-	-
Кукушкин лён обыкновенный Polytrichum commune L.	-	<u>4,5</u> 0,5	-	<u>75,2</u> 11,0	-	-	-	-	-	<u>23,5</u> 2,8	-
Лабазник дланевидный Filipendula palmata L.	-	-	-	-	-	-	-	<u>13,4</u> 1,6	-	-	-
Лапчатка гусиная Potentilla anserina L.	-	-	-	-	<u>4,3</u> 0,2	-	-	-	-	-	-
Лапчатка прямостоячая Potentilla erecta (L.) Raensch	-	-	-	<u>14,5</u> 2,1	-	<u>42,7</u> 5,5	-	-	-	-	-
Майник двулистный Majanthemum bifolium (L.) F.W. Schmidt	-	<u>4,0</u> 0,4	-	<u>3,8</u> 0,6	-	-	<u>0,9</u> 0,1	<u>4,2</u> 0,5	-	<u>26,2</u> 3,6	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Манжетка обыкновенная <i>Alchemilla vulgaris</i> L.	-	<u>13,5</u> 1,4	-	-	<u>20,8</u> 1,0	<u>4,1</u> 0,5	-	-	-	-	-
Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Tussilago farfara</i> L.	-	-	<u>10,8</u> 1,2	-	<u>10,6</u> 0,5	-	-	-	-	-	-
Медуница мягчайшая <i>Pulmonaria dactylota</i> Simonk.	-	-	-	<u>3,0</u> 0,4	-	-	-	-	-	<u>27,1</u> 3,3	-
Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	-	-	-	-	<u>42,1</u> 2,1	-	-	-	-	<u>33,1</u> 4,0	<u>10,0</u> 2,2
Мятлик узколистный <i>Poa angustifolia</i> L.	<u>53,6</u> 11,1	<u>34,5</u> 3,5	<u>82,3</u> 9,5	-	<u>109,7</u> 5,4	<u>141,8</u> 18,3	-	<u>111,9</u> 13,0	<u>453,6</u> 33,3	<u>167,9</u> 20,3	<u>38,9</u> 8,6
Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	<u>1,8</u> 0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Одноцветка крупноцветковая <i>Monesis uniflora</i> A. Gray	<u>1,2</u> 0,2	-	-	<u>19,5</u> 2,9	-	-	-	-	-	-	-
Орляк обыкновенный <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	<u>49,8</u> 10,3	-	-	<u>57,9</u> 8,5	-	-	<u>7,4</u> 1,2	<u>105,7</u> 12,3	-	-	<u>59,0</u> 13,0
Ортилия однобокая <i>Orthilia secunda</i> (L.) House	-	<u>2,5</u> 0,3	-	<u>16,7</u> 2,4	-	<u>4,1</u> 0,5	<u>3,7</u> 0,6	<u>17,9</u> 2,1	-	<u>11,7</u> 1,6	<u>1,5</u> 0,3
Осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> L.	-	-	-	-	<u>15,3</u> 0,7	-	-	-	-	-	-
Очиток едкий <i>Sedum acre</i> L.	<u>6,1</u> 1,3	-	-	<u>25,4</u> 3,7	-	-	-	-	-	-	-
Первоцвет весенний <i>Primula veris</i> L.	-	-	-	<u>26,3</u> 3,8	-	<u>2,6</u> 0,3	-	-	-	-	-
Подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> L.	-	-	-	<u>52,1</u> 7,6	<u>1,8</u> 0,1	-	-	<u>3,7</u> 0,4	-	<u>19,3</u> 2,3	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Подмаренник северный Gallium boreale L.	-	-	<u>13,1</u> 1,5	<u>9,2</u> 1,3	<u>21,2</u> 1,0	-	-	<u>16,7</u> 1,9	-	<u>37,7</u> 4,6	-
Подорожник большой Plantago major L.	-	-	-	-	<u>16,2</u> 0,8	-	-	-	-	-	-
Подорожник ланцетолистный Plantago lanceolata L.	-	-	<u>26,9</u> 3,1	-	<u>4,2</u> 0,2	-	-	-	-	-	-
Прострел раскрытый Pulsatilla patens (L.) Mill.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>9,3</u> 0,7	-	-
Седмичник европейский Trientalis europaea L.	-	-	-	<u>7,4</u> 1,1	-	<u>2,4</u> 0,3	-	<u>2,8</u> 0,3	-	-	-
Купена лекарственная Polygonatum officinale All.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>14,1</u> 3,1
Сныть обыкновенная Aegorodium podagraria L.	-	-	-	<u>16,4</u> 2,4	-	<u>57,4</u> 7,4	-	<u>42,8</u> 5,0	-	<u>5,6</u> 0,8	<u>5,6</u> 1,2
Соссюрея крупнолистная Saussurea grandifolia Maxim L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>22,1</u> 4,9
Тимофеевка луговая Phleum pratense L.	<u>39,5</u> 8,2	<u>22,5</u> 2,3	-	-	<u>10,0</u> 0,5	-	-	-	-	<u>58,5</u> 7,1	-
Тмин обыкновенный Carum carvi L.	-	-	-	<u>4,8</u> 0,7	-	-	-	-	-	-	-
Толокнянка обыкновенная Arctostaphylos uva ursi (L.) Spreng	<u>6,3</u> 1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>9,7</u> 1,2	-
Тысячелистник обыкновенный Achillea Millefolium L.	-	-	-	-	<u>117,7</u> 5,7	-	-	-	-	-	-
Фиалка собачья Viola canina L.	-	-	-	<u>13,6</u> 2,0	-	-	-	-	-	-	-

Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Черника Vaccinium myrtillus L.	-	<u>375,4</u> 37,7	<u>246,9</u> 28,4	<u>73,1</u> 10,7	-	-	<u>138,5</u> 22,6	-	-	<u>58,8</u> 7,1	<u>207,0</u> 45,7
Черноголовка обыкновенная Brunella vulgaris L.	-		<u>13,7</u> 1,6	-	-	-	-	<u>29,8</u> 3,5	-	-	-
Чина весенняя Lathyrus vernus (L.) Bernh.	<u>16,7</u> 3,4	-	-	-	<u>12,1</u> 0,6	-	<u>15,9</u> 2,6	<u>17,7</u> 2,1	-	<u>46,8</u> 5,7	<u>6,1</u> 1,3
Ястребинка волосистая Hieracium pilosella L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>3,3</u> 0,8
Ятрышник шлемоносный Orchis militaris L.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>5,6</u> 0,4	-	-
Итого	<u>483,2</u> 100	<u>995,1</u> 100	<u>870,7</u> 100	<u>684,0</u> 100	<u>2043,2</u> 100	<u>773,3</u> 100	<u>611,7</u> 100	<u>862,8</u> 100	<u>1360,2</u> 100	<u>826,8</u> 100	<u>453,2</u> 100
Количество видов	19	17	18	30	30	16	14	23	15	24	14



Научное издание

**Сергей Вениаминович Залесов  
Анна Владимировна Бачурина  
Светлана Владимировна Бачурина**

**СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПОЛЮТАНТОВ ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ»,  
И РЕАКЦИЯ ИХ КОМПОНЕНТОВ  
НА ПРОВЕДЕНИЕ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ**

ISBN 978-5-94984-619-3



Редактор Е.Л. Михайлова  
Компьютерная верстка О.А. Казанцевой

---

Подписано к использованию 07.06.2017  
Уч.-изд. л. 16,30 Усл. печ. л. 16,04  
Тираж 100 экз. (Первый завод 50 экз.)  
Объем 36,3 Мб.  
Заказ №

---

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел.: 8(343)362-91-16